

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**


Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):


- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.


**Intellectual Property Network**  
To Search & Research

[IPN Home](#) | [Search](#) | [Order](#) | [Shopping Cart](#) | [Login](#) | [Site Map](#) | [Help](#)



## WO017691A1: COUPLING LENS AND SEMICONDUCTOR LASER MODULE

[No Image](#) | [View Cart](#)

[Add to cart](#) [More choices...](#)

**Country:** WO World Intellectual Property Organization (WIPO)

**Kind:** A1 Publ. OF the Int. Appl. with Int. Search Report

**Inventor(s):** YAMAGATA, Michihiro, Room 710, Famiruhaitsu-Joutou A, 2-59, Hanatennishi 1-chome, Joutou-ku, Osak, Japan  
TANAKA, Yasuhiro, 2-5-303, Niihama-cho, Ashiya-shi, Hyogo 659-0031, Japan  
ASAKURA, Hiroyuki, Sakai-Building II-3B, 8-18, Tamatsukuri-honmachi Tennoji-ku, Osaka nd, Japan  
SASANO, Tomohiko, 9-12, Kishibe-kita 3-chome, Suita-shi, Osaka 564-0001, Japan

**Applicant(s):** MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD., 1006-banchi, Oaza-Kadoma, Kadoma-shi, Osaka 571-8501, Japan  
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)

**Issued/Filed Dates:** March 30, 2000 / Sept. 10, 1999

**Application Number:** WO1999JP0004968

**IPC Class:** G02B 6/42; H01S 3/18; G02B 5/18

**Priority Number(s):** Sept. 17, 1998 JP1998000262585

**Designated Countries:** JP, KR, US, European patent: AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE

**Abstract:** A coupling lens (104) used for coupling the emerging light beam emerging from a semiconductor laser (101) to an optical fiber (108). The coupling lens (104) comprises a single lens integral with a diffraction lens composed of concentric ring bands on the plane of incidence or plane of emergence of the single lens. The diffraction lens has a positive refractive power. The relief function of the diffraction lens is generally an isosceles triangle. The depth W of the relief function satisfies the inequalities (1)  $0.6 \leq W(n-1)/\lambda$ ,  $\lambda \leq 1.0$  where n is the index of refraction of the lens material, and  $\lambda$  is the wavelength of the semiconductor laser. When the coupling lens is used for a semiconductor laser module, the output power of the module can be so controlled as to conform with the safety standards even if the attenuation film, polarizer, or optical fiber comes off without using any control circuit for automatically stopping the lasing of the laser.  
[\[Show "fr" Abstract\]](#)

[Instant Image](#)



(51) 国際特許分類 G02B 6/42, H01S 3/18, G02B 5/18	A1	(11) 国際公開番号 WO00/17691  (43) 国際公開日 2000年3月30日(30.03.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/04968  (22) 国際出願日 1999年9月10日(10.09.99)  (30) 優先権データ 特願平10/262585 1998年9月17日(17.09.98) JP  (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.)[JP/JP] 〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 山形道弘(YAMAGATA, Michihiro)[JP/JP] 〒536-0011 大阪府大阪市城東区放出西1丁目2番地59号 ファミリーハイツ城東A棟710号室 Osaka, (JP) 田中康弘(TANAKA, Yasuhiro)[JP/JP] 〒659-0031 兵庫県芦屋市新浜町2-5-303 Hyogo, (JP) 朝倉宏之(ASAKURA, Hiroyuki)[JP/JP] 〒543-0013 大阪府大阪市天王寺区玉造本町8-18 酒井ビルII-3B Osaka, (JP) 笹埜智彦(SASANO, Tomohiko)[JP/JP] 〒564-0001 大阪府吹田市岸部北3丁目9番地12号 Osaka, (JP)		(74) 代理人 池内寛幸, 外(IKEUCHI, Hiroyuki et al.) 〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満4丁目3番25号 梅田ブラザビル401号室 Osaka, (JP)  (81) 指定国 JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)  添付公開書類 国際調査報告書 補正書
(54) Title: COUPLING LENS AND SEMICONDUCTOR LASER MODULE  (54) 発明の名称 結合レンズ及び半導体レーザモジュール  (57) Abstract A coupling lens (104) used for coupling the emerging light beam emerging from a semiconductor laser (101) to an optical fiber (108). The coupling lens (104) comprises a single lens integral with a diffraction lens composed of concentric ring bands on the plane of incidence or plane of emergence of the single lens. The diffraction lens has a positive refractive power. The relief function of the diffraction lens is generally an isosceles triangle. The depth W of the relief function satisfies the inequalities (1) $0.6 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.0$ where n is the index of refraction of the lens material, and $\lambda$ is the wavelength of the semiconductor laser. When the coupling lens is used for a semiconductor laser module, the output power of the module can be so controlled as to conform with the safety standards even if the attenuation film, polarizer, or optical fiber comes off without using any control circuit for automatically stopping the lasing of the laser.		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>(A)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(B)</p> </div> </div>		

## (57)要約

本発明の結合レンズ(104)は、半導体レーザ(101)からの射出光束を光ファイバ(108)に結合するために用いられる。結合レンズ(104)は、単レンズで構成され、単レンズの入射面又は射出面上に同心円状の輪帯により構成された回折レンズが一体化されている。回折レンズは正の屈折力を有し、回折レンズのレリーフ関数が略2等辺三角形状であって、レリーフ関数の深さWが下記式を満足する。

$$0.6 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.0 \quad (1)$$

ここで、nはレンズ材料の屈折率、λは半導体レーザの波長である。半導体レーザモジュール用結合レンズとして使用すれば、減衰膜や偏光子あるいは光ファイバがはずれたときに自動的にレーザの発光を停止するための制御回路を用いることなく、モジュールからの出力光強度を安全規格に適合させることができる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	DE	ドイツ	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャド
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HR	クロアチア		マケドニア	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー		マケドニア	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	ML	マリ	UA	ウクライナ
CH	スイス	IE	アイルランド	MN	モンゴル	UG	ウガンダ
CI	コートジボワール	IL	イスラエル	MR	モーリタニア	US	米国
CM	カメルーン	IN	インド	MW	マラウイ	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IS	アイスランド	MX	メキシコ	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NE	ニジェール	YU	ユーゴスラビア
CU	キューバ	JP	日本	NL	オランダ	ZA	南アフリカ共和国
CY	キプロス	KE	ケニア	NO	ノルウェー	ZW	ジンバブエ
CZ	チェコ	KG	キルギスタン	NZ	ニュージーランド		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	PL	ポーランド		
DK	デンマーク	KR	韓国	PT	ポルトガル		
				RO	ルーマニア		

## 明 細 書

## 結合レンズ及び半導体レーザモジュール

## 技術分野

本発明は、半導体レーザモジュール及びそれに使用される結合レンズ  
5 に関する。特に短距離の光通信システムに適した低出力半導体レーザモジュール及び結合用レンズに関する。

## 背景技術

光通信に用いられる半導体レーザモジュールは半導体レーザあるいは  
10 受光素子と光ファイバとを効率よく結合することが求められている。従来のレーザモジュールの構成を図23に示す。レンズホルダ2301に半導体レーザ2302と結合レンズ2303とが固定されている。レンズホルダ2301は接続用ホルダ2304に挿入される。この接続用ホルダ2304に対してフェルールホルダ2307が固定され、光ファイ  
15 バ2305はフェルール2306により脱着自在に固定される。結合レンズ2303はガラス製である。半導体レーザ2302からの射出光束は結合レンズ2303により光ファイバ2305の端面に集光され、ファイバに結合される。

ここで、取り扱い上の安全性の点から、レーザモジュールからの光出  
20 力を一定基準以下に制限する必要がある。そのため、図23に示した基本的な構成に加えて、半導体レーザと光ファイバの間に減衰膜や偏光子などの光出力を低減する手段を設けたり（例えば、特開平4-97208号公報、特開平7-43563号公報など）、アパチャを設けて光量を制御したり、光ファイバがはずれた場合に自動的に半導体レーザの発

光を停止する制御回路を設けたりしている。

また、集光レンズとしては従来はガラス製の非球面レンズが使用されてきたが、低コスト化のために樹脂製のレンズが使用されるようになってきた（例えば特開平５－６０９５２号公報、特開昭６１－２４５５９  
5 4号公報、特開平５－２７１４０号公報、特開平５－６０９４０号公報など）。樹脂レンズの場合には、温度の変化に伴って樹脂の屈折率が変化してしまうため、焦点距離が変化する。また、熱膨張係数もガラス材料に比べると大きい。そのため、結像位置が温度変化と共に変化し、結果として光ファイバへの結合効率が変動してしまう。

- 10      ところで、半導体レーザモジュールにおいては、温度変化に伴って、光源である半導体レーザの発振波長も変動する。従って、レンズの表面上に回折レンズを設けることにより、樹脂レンズの焦点距離の温度による変化を回折レンズにより補正することが考えられる。なぜなら、回折  
15      レンズは屈折レンズに比べると光源の波長による焦点距離の変化が大きいため、光源の波長が温度変化に伴って変動したときに、回折レンズの焦点距離変化は屈折レンズの焦点距離変化に比べて大きくなるからである。即ち、この回折レンズの焦点距離変化が屈折レンズの温度による焦点距離変化を打ち消すように設計することで温度変化による焦点距離変動を補償したレンズを得ることが出来る。

- 20      前記のレーザモジュールからの光出力を一定基準以下に制限するために減衰膜や、偏光子などを用いる方法は製造コストが高くなる。また、アパチャにより光量を制御する方法はアパチャの加工精度や、レーザの広がり角のばらつきにより光量がばらついてしまう上に、高精度の組立が必要となる。また、光ファイバがはずれたときに自動的にレーザの発  
25      光を停止する制御回路を設ける方法は装置全体の構成が複雑になる上に、製造コストも高くなるため好ましくない。

また、レンズのコストを低減するために樹脂製のレンズを用いる場合には、樹脂レンズはガラスレンズに比べると温度変化に対する屈折率変化が大きいので、温度変化に対する焦点距離変化を補正するために回折レンズをレンズ表面上に構成する。このような回折一体型のレンズを製造する手法には、ダイヤモンドバイトを用いた精密切削により、レンズあるいはレンズ製造用の金型を加工する方法が広く用いられている。このとき、ダイヤモンドバイトの先端は有限の丸み（ノーズ半径）を有するため、加工されたレリーフ形状は、バイトのノーズ半径によってその角が丸められたような形状となる。回折レンズには一般的に鋸歯状のレリーフ形状を用いることが多いが、鋸歯状のレリーフを上記の切削加工で加工すると、レンズの周辺部において回折効率が設計値からずれる。

これはレンズの周辺部では回折レンズの輪帯のピッチが短くなるため、バイトのノーズ半径によるレリーフ形状の劣化の影響がピッチが長いレンズ中心部に比べるとより深刻となるからである。光ファイバ結合用のレンズにおいてレンズの周辺部における回折効率が低下するとレンズの実効的なNAが低下したのと同様の効果となりスポットが広がるため、光ファイバへの結合効率の低下を招く。これを防ぐためには先端が鋭利な加工用バイトを用いる方法があるが、生産性の低下を招くため好ましくない。生産性を損なわずに加工するためにはバイトのノーズ半径は約10  $\mu\text{m}$ 程度以上であることが望ましいとされる。また、温度補償用の回折レンズは、いわゆる色収差補正用の回折レンズに比べて強いパワー（屈折力）が必要で、結果としてレンズ周辺部の回折輪帯のピッチは色収差補正用の回折レンズに比べるとより短い。そのため、従来から知られている鋸歯状のレリーフ形状を有する回折レンズでは、レンズ及び金型の生産性と回折効率性能を両立させることができないという課題がある。

また、回折レンズを用いた場合には、それぞれの回折次数に対応する集光スポットが光軸上に複数生成される。モジュールからの射出光強度を低減するためには、結合に使う回折次数の集光スポットの位置にアパチャを設けて、不要な回折次数の集光スポットに集光される光を遮蔽する。このとき、結合に使う回折次数の集光スポットよりも焦点距離の長い側の集光スポットに集光される光は、短い側の集光スポットに集光される光に比べてアパチャを抜けやすい。従来からの鋸歯状レリーフの回折レンズの場合、切削加工によって形状が変化した場合、不要光は低次側に集光される傾向にあり、不要光がアパチャで遮蔽しきれないという課題がある。

#### 発明の開示

本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、レンズ表面に構成した回折レンズの回折効率を調整することにより、レーザモジュールからの光出力を一定基準以下に制限するための減衰膜や、偏光子、あるいは光ファイバがはずれたときに自動的に発光を停止するための制御回路などを不要とした、低価格の光結合器を提供することを目的とする。

上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成とする。

本発明の第1の構成に係る結合レンズは、半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するために用いる結合レンズであって、単レンズで構成され、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に同心円状の輪帯により構成された回折レンズを一体化し、前記回折レンズは正の屈折力を持ち、前記回折レンズのレリーフ関数が略2等辺三角形形状であって、前記レリーフ関数の深さWが下記式を満足することを特徴とする。

$$0.6 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.0$$



好ましくは

$$0.6 < W(n-1)/\lambda < 1.0$$

である。

但し、W：レリーフ関数の深さ

5           n：レンズ材料の屈折率

          λ：半導体レーザの波長

上記第1の構成の結合レンズは、略2等辺三角形形状のレリーフを有しているもので、ダイヤモンドバイトを用いた切削加工により金型を加工して製造しても良好な生産性を有し、レンズの中心から周辺部に亘りほぼ  
10 均一な回折効率を有するため、良好な集光性能を有する。

また、本発明の第2の構成に係る結合レンズは、半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するために用いる結合レンズであって、単レンズで構成され、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に同心円状の輪帯により構成された回折レンズを一体化し、前記  
15 回折レンズは正の屈折力を持ち、前記回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の25%以上45%以下の間の1カ所に頂点がある略三角形形状であって、前記レリーフ関数の深さWが下記式を満足することを特徴とする。

$$0.9 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.2$$

20   好ましくは、

$$0.9 < W(n-1)/\lambda < 1.2$$

である。

但し、W：レリーフ関数の深さ

          n：レンズ材料の屈折率

25           λ：半導体レーザの波長

上記第2の構成の結合レンズは、略三角波状のレリーフ形状を有する

ので、不要な光を、光ファイバ結合に用いる回折次数よりも高い回折次数の集光スポットに集光する。そのため、不要光を遮蔽するためのアパチャからの不要光の漏れを低減できる。

上記第2の構成の結合レンズにおいて、前記回折レンズのレリーフ関  
5 数が、レリーフ周期の30%以上40%以下の間の1カ所に頂点がある略三角形状であって、前記レリーフ関数の深さWが下記式を満足することが好ましい。

$$1.0 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.1$$

また、上記第1又は第2の構成の結合レンズにおいて、前記回折レン  
10 ズの1次回折光を光ファイバ結合に用いる構成であって、0次回折光の回折効率を $\eta_0$ 、2次回折光の回折効率を $\eta_2$ とするととき、

$$\eta_0 < \eta_2$$

であることが好ましい。

また、上記第1又は第2の構成の結合レンズにおいて、前記回折レン  
15 ズの0次回折光の回折効率 $\eta_0$ が下記式を満足することを特徴とすることが好ましい。

$$\eta_0 < 7\%$$

本発明の第3の構成に係る結合レンズは、半導体レーザからの射出光  
束を光ファイバに結合するために用いる結合レンズであって、単レン  
20 で構成され、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に同心円状の輪帯により構成された回折レンズを一体化し、前記回折レンズは正の屈折力を持ち、前記回折レンズが屈折レンズの回転対称軸に対して偏心して加工されていることを特徴とする。

上記第3の構成の結合レンズは、回折レンズを屈折レンズの回転対称  
25 軸に対してディセンタして加工してあるので、屈折レンズの回転対称軸上からの回折次数が異なる光はそれぞれ焦点距離及び像高の両方が異な

る集光スポットに集光される。そのため、不要光の遮蔽が行ないやすく、アパチャの加工精度及び組立精度を緩和することが可能となる。

上記第1～第3の構成の結合レンズにおいて、前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を $\eta$ とすると、

5 
$$25\% \leq \eta \leq 40\%$$

であることが好ましく、

$$25\% < \eta < 40\%$$

であることがより好ましい。

また、上記第1～第3の構成の結合レンズにおいて、前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を $\eta$ とすると、

10 
$$30\% \leq \eta \leq 37\%$$

であることが好ましく、

$$30\% < \eta < 37\%$$

15 であることがより一層好ましい。

また、上記第1～第3の構成の結合レンズにおいて、半導体レーザの波長 $\lambda$ が

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

であることが好ましい。

20 また、上記第1～第3の構成の結合レンズにおいて、レンズの材料が樹脂であって、温度変化に起因して前記樹脂材料の屈折率及び半導体レーザの波長が変化した場合に、前記屈折率の変化によるレンズの焦点距離の変化を、前記波長の変化による回折レンズの焦点距離の変化で補正するように、前記回折レンズが設計されていることが好ましい。

25 結合レンズが温度変化によって発生する焦点距離の変動を補正するような回折レンズを一体化した構成となっているため、安価な樹脂をレン

ズ材料として用いることが可能であり、レンズのコストを低減することが可能である。

また、上記第1～第3の構成の結合レンズにおいて、レンズの材料が樹脂であって、レンズ全体の焦点距離を $f$ 、前記回折レンズの焦点距離を $f_d$ とすると、

$$2 < f_d / f < 5$$

を満足することが好ましい。これにより、上記の温度補償機能を付与することができる。

本発明の第1の構成に係る半導体レーザーモジュールは、少なくとも、  
10 半導体レーザーと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザーからの射出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有し、前記結合レンズは上記第1～第3の結合レンズであることを特徴とする。

上記第1の構成の半導体レーザーモジュールは上記本発明の結合レンズ  
15 を用いているので、アパチャを用いて不要光を遮蔽するときに、不要光の遮蔽が行いやすく、アパチャの加工精度及び組立精度を緩和できるため低コストの半導体レーザーモジュールを提供できる。

上記第1の構成の半導体レーザーモジュールにおいて、前記半導体レーザーの波長 $\lambda$ が

20  $700 \text{ nm} < \lambda < 1400 \text{ nm}$

であることが好ましい。

本発明の第2の構成に係る半導体レーザーモジュールは、少なくとも、半導体レーザーと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザーからの射出光束を前記光ファイバの入射端  
25 に結像する結合レンズとを有し、前記結合レンズは請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズであって、前記結合レンズが

光軸に対して傾いて固定されていることを特徴とする。

- 上記第 2 の構成の半導体レーザモジュールは本発明の結合レンズを光軸に対して傾斜して固定しているので、光ファイバ結合に用いない次数の回折光の集光スポットが焦点距離及び像高の両方が異なる位置に生成
- 5    されるため、不要光遮蔽用のアパチャの加工精度及び組立精度を緩和することが可能で、結果として低コストで製造できる。

上記第 2 の構成の半導体レーザモジュールにおいて、前記半導体レーザの波長  $\lambda$  が

$$700 \text{ nm} < \lambda < 1400 \text{ nm}$$

- 10    であることが好ましい。

本発明の第 4 の構成に係る結合レンズは、半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するために用いる結合レンズであって、ガラス製であって、単レンズで構成され、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に回折格子が形成されていることを特徴とする。

- 15    上記第 4 の構成の結合レンズはガラス製であって、レンズ表面上に回折格子を形成してあるため、結合に使わない不要な回折光を像面上で分離できる。

- 上記第 4 の構成の結合レンズにおいて、回折格子の 0 次回折光を光ファイバ結合に用い、0 次回折光の回折効率  $\eta_0$  が下記式を満足すること
- 20    が好ましい。

$$25\% \leq \eta_0 \leq 40\%$$

より好ましくは

$$25\% < \eta_0 < 40\%$$

である。

- 25    また、上記第 4 の構成の結合レンズにおいて、回折格子の 0 次回折光を光ファイバ結合に用い、0 次回折光の回折効率  $\eta_0$  が下記式を満足す

ることが好ましい。

$$30\% \leq \eta_0 \leq 37\%$$

より好ましくは

$$30\% < \eta_0 < 37\%$$

5 である。

本発明の第3の構成に係る半導体レーザモジュールは、半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを少なくとも有する半導体レーザモジュールであって、前記

10 結合レンズが上記第4の構成の結合レンズであることを特徴とする。

上記第3の構成の半導体レーザモジュールは上記の結合レンズを用いているので、安全回路や特殊コーティングを用いることなく安全規格内に出力を低減することが出来るため安価に製造できる。

上記第3の構成の半導体レーザモジュールにおいて、前記半導体レーザの波長 $\lambda$ が

15

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

であることが好ましい。

本発明の第5の構成に係る結合レンズは、半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するために用いる結合レンズであって、単レンズ

20 で構成され、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に同心円状の輪帯により構成された回折レンズを一体化し、前記回折レンズは正の屈折力を持ち、前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を $\eta$ とするととき、

$$25\% \leq \eta \leq 40\%$$

25 であることを特徴とする。より好ましくは

$$25\% < \eta < 40\%$$

である。

上記第 5 の構成の結合レンズは、光源の強度や、レンズ及びファイバ結合における光量損失を勘案して回折効率を設計してあるので、半導体レーザモジュールに用いた場合に、モジュールの出力を適切な値に調節

5 することが可能である。

上記第 5 の構成の結合レンズにおいて、前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を  $\eta$  とするとき、

$$30\% \leq \eta \leq 37\%$$

であることがより好ましい。さらに、

10  $30\% < \eta < 37\%$

であることがより一層好ましい。

また、上記第 5 の構成の結合レンズにおいて、回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の 25% 以上 50% 以下の間の 1 カ所に頂点がある略三角形状であって、前記頂点の位置を X、レリーフ関数の深さを W

15 とするとき、W が下記式を満足することが好ましい。

$$-2.5X + 1.66 \leq W(n-1)/\lambda \leq -1.6X + 1.8$$

また、上記第 5 の構成の結合レンズにおいて、回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の 25% 以上 50% 以下の間の 1 カ所に頂点がある略三角形状であって、前記頂点の位置を X、レリーフ関数の深さを W

20 とするとき、W が下記式を満足することがより好ましい。

$$\begin{aligned} -2.5X + 1.75 \leq W(n-1)/\lambda \\ \leq -1.6X + 1.71 \end{aligned}$$

また、上記第 5 の構成の結合レンズにおいて、回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の 25% 以上 50% 以下の間の 1 カ所に頂点がある略三角形状であって、前記頂点の位置を X、レリーフ関数の深さを W

25 とするとき、W が下記式を満足することをより好ましい。

$$-2.4X + 1.67 \leq W(n-1)/\lambda$$

$$\leq -1.94X + 1.86$$

また、上記第5の構成の結合レンズにおいて、回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の25%以上50%以下の間の1カ所に頂点がある略三角形状であって、前記頂点の位置をX、レリーフ関数の深さをWとすると、Wが下記式を満足することが好ましい。

$$-2.4X + 1.76 \leq W(n-1)/\lambda$$

$$\leq -1.94X + 1.77$$

上記のそれぞれの好ましい構成によれば、回折レンズのレリーフ深さを頂点の位置に応じて適切に調節した設計となっているため、光ファイバ結合に用いる光をモジュールにとって最適な強度に調節することができる。

また、上記第5の構成の結合レンズにおいて、回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の30%以上40%以下の間の1カ所に頂点がある略三角形状であることが好ましい。

また、上記第5の構成の結合レンズにおいて、半導体レーザの波長λが

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

であることが好ましい。

また、上記第5の構成の結合レンズにおいて、レンズの材料が樹脂であって、温度変化に起因して前記樹脂材料の屈折率及び半導体レーザの波長が変化した場合に、前記屈折率の変化によるレンズの焦点距離の変化を、前記波長の変化による回折レンズの焦点距離の変化で補正するように、前記回折レンズが設計されていることが好ましい。

また、上記第5の構成の結合レンズにおいて、レンズの材料が樹脂であって、レンズ全体の焦点距離をf、前記回折レンズの焦点距離をf<sub>d</sub>



とするとき、

$$2 < f_d / f < 5$$

を満足することが好ましい。

本発明の第4の構成に係る半導体レーザモジュールは、少なくとも、

- 5 半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有し、前記結合レンズは上記第5の構成の結合レンズであることを特徴とする。

上記第4の構成の半導体レーザモジュールは、本発明の結合レンズを

- 10 用いてなるため、高速通信用の高出力レーザ光源を用いてモジュールを構成しても、ANSI規格に定められた上限出力以下でかつ光ファイバ通信に必要な最低出力以上の適切な出力を得ることができる。

本発明の第6の構成に係る結合レンズは、半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するために用いる結合レンズであって、前記結合  
15 レンズは、屈折レンズと同心円状の輪帯により構成された回折レンズとの組レンズであって、前記回折レンズは正の屈折力を持ち、前記回折レンズの回折光のうち光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を $\eta$ とするとき、

$$25\% \leq \eta \leq 40\%$$

- 20 であることを特徴とする。好ましくは

$$25\% < \eta < 40\%$$

である。

上記第6の構成の結合レンズは、屈折レンズと回折レンズとの組レンズにて構成されているため、回折レンズとしてフォトリソグラフィ工法

- 25 で作成したレンズを用いることが可能で、安価に構成できる。

上記第6の構成の結合レンズにおいて、前記回折レンズの回折光のう

ち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を $\eta$ とするとき、

$$30\% \leq \eta \leq 37\%$$

であることが好ましい。さらに、

$$30\% < \eta < 37\%$$

- 5 であることがより好ましい。

また、上記第6の構成の結合レンズにおいて、半導体レーザの波長 $\lambda$ が

$$700\text{nm} < \lambda < 1400\text{nm}$$

であることが好ましい。

- 10 また、上記第6の構成の結合レンズにおいて、レンズの材料が樹脂であって、温度変化に起因して前記樹脂材料の屈折率及び半導体レーザの波長が変化した場合に、前記屈折率の変化によるレンズの焦点距離の変化を、前記波長の変化による回折レンズの焦点距離の変化で補正するように、前記回折レンズが設計されていることが好ましい。

- 15 係る好ましい構成の結合レンズは、屈折レンズの温度変化による焦点距離の変化を回折レンズによって補正する設計となっているので、結合レンズの材料として安価な樹脂材料を用いることが可能で、レンズのコストを低減することができる。

- また、上記第6の構成の結合レンズにおいて、屈折レンズの材料が樹脂であって、レンズ全体の焦点距離を $f$ 、前記回折レンズの焦点距離を $f_d$ とするとき、

$$2 < f_d/f < 5$$

を満足することが好ましい。

- また、上記第6の構成の結合レンズにおいて、回折レンズのレリーフ形状が階段状の輪帯からなることが好ましい。

また、上記第6の構成の結合レンズにおいて、回折レンズの同心円状

の輪帯の中心が屈折レンズの光軸に対して偏心して固定されていることが好ましい。

- 5 係る好ましい構成の結合レンズは、回折レンズを屈折レンズに対して偏心して配置してあるため、回折光を光軸方向及び光軸に垂直な方向の両方に分離できる。このため、半導体レーザモジュール用として用いた場合に、不要光遮蔽用のアパチャの加工精度を緩和できる。

- 10 本発明の第5の構成に係る半導体レーザモジュールは、少なくとも、半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有する半導体レーザモジュールであって、前記結合レンズは上記第6の結合レンズであることを特徴とする。

上記第5の構成の半導体レーザモジュールは、上記の組レンズからなる結合レンズを用いているため、安価なレンズを用いてモジュールを構成することが可能である。

- 15 上記第5の半導体レーザモジュールにおいて、前記半導体レーザの波長 $\lambda$ が

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

であることが好ましい。

- 20 本発明の第6の構成に係る半導体レーザモジュールは、少なくとも、半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有する半導体レーザモジュールであって、前記結合レンズと光ファイバの間に回折格子を配置したことを特徴とする。

- 25 上記第6の構成の半導体レーザモジュールは、光路中に回折格子を配置した構成としてあるため、不要光をアパチャ面上で分離でき、アパチャ

ヤの加工精度を緩和することが可能となる。

上記第6の構成の半導体レーザモジュールにおいて、前記回折格子の回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率 $\eta$ が

$$25\% \leq \eta \leq 40\%$$

5 であることが好ましい。さらに、

$$25\% < \eta < 40\%$$

であることがより好ましい。

また、上記第6の構成の半導体レーザモジュールにおいて、半導体レーザの波長 $\lambda$ が

10  $700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$

であることが好ましい。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施例1の結合レンズを示しており、(A)は光路  
15 図、(B)は結合レンズの正面図である。

図2は、本発明の実施例1の結合レンズのレリーフ形状関数を示すグラフである。

図3は、本発明の実施例1の結合レンズの加工用レリーフ形状を示すグラフである。

20 図4は、本発明の実施例1の結合レンズの回折レンズを形成した面のサグ量を示すグラフである。

図5は、本発明の実施例1の結合レンズの回折レンズにおける各輪帯の回折効率の計算結果を示すグラフである。

図6は、本発明の実施例1の結合レンズのレリーフの深さを変化させて設計したときの回折効率の変化図である。  
25

図7は、本発明の実施例2の結合レンズのレリーフ形状関数を示すグ

ラフである。

図 8 は、本発明の実施例 2 の結合レンズの加工用レリーフ形状を示すグラフである。

図 9 は、本発明の実施例 2 の結合レンズの回折レンズを形成した面の  
5 サグ量を示すグラフである。

図 10 は、本発明の実施例 2 の結合レンズのレリーフの深さを変化させて設計したときの回折効率の変化図である。

図 11 は、本発明の実施例 3 の結合レンズのレリーフ形状関数を示すグラフである。

10 図 12 は、本発明の実施例 3 の結合レンズのレリーフの深さを変化させて設計したときの回折効率の変化図である。

図 13 は、本発明の実施例 4 の半導体レーザモジュールを示しており、(A) は構成図、(B) は部分拡大模式図である。

図 14 は、本発明の実施例 5 の半導体レーザモジュールの構成図であ  
15 る。

図 15 は、本発明の実施例 6 の結合レンズを示しており、(A) は光路図、(B) は結合レンズの正面図である。

図 16 は、本発明の実施例 7 の半導体レーザモジュールの構成図である。

20 図 17 は、本発明の実施例 8 の結合レンズを示しており、(A) は光路図、(B) は結合レンズの正面図である。

図 18 は、本発明の実施例 9 の半導体レーザモジュールの構成図である。

図 19 は、本発明の実施例 10 の結合レンズを示しており、(A) は  
25 光路図、(B) は回折レンズの正面図である。

図 20 は、本発明の実施例 10 の回折レンズを示しており、(A) は

斜視図、(B)は光軸を含む面での断面図である。

図21は、本発明の実施例11及び12の半導体レーザモジュールを示しており、(A)は構成図、(B)は実施例11における回折レンズの正面図、(C)は実施例12における回折レンズの正面図である。

- 5 図22は、本発明の実施例13の半導体レーザモジュールを示しており、(A)は構成図、(B)は回折格子の正面図である。

図23は、従来の半導体レーザモジュールの構成図である。

発明を実施するための最良の形態

10 (実施の形態1)

- 結合レンズとして樹脂レンズを用いた半導体レーザモジュールの光学系において、温度が変化すると、レンズの材料である樹脂の屈折率は温度変化により変化する。また、光源である半導体レーザも発振波長が変化する。このとき、樹脂製の結合レンズでは、樹脂の屈折率変化及び発振波長の変化の両方の影響を受けてその焦点距離が変化するが、屈折率変化による影響が支配的となる。ここで、回折レンズは、レンズ材料の屈折率が変化してもその焦点距離は一定であるが、波長の変化に対しては屈折によるレンズに比べるとより敏感に焦点距離が変わる。そのため、樹脂レンズと回折レンズを組み合わせることにより、樹脂材料の屈折率変化に伴う焦点距離の変動を、発振波長変化に伴う回折レンズの焦点距離変化で補正することが出来る。実使用上においては、樹脂レンズの焦点位置変動を完全に補正する必要はなく、1/3未満程度にまで低減するだけで充分である場合が多い。このとき、回折レンズは正の屈折力を有し、レンズ全体の焦点距離を $f$ 、前記回折レンズの焦点距離を $f_d$ 、
- 25 、とするとき、

$$2 < f_d / f < 5$$

であればよい。なお、このような回折一体型のレンズは、仮想の高屈折率を用いた方法（例えば、ウィリアム シー スウェット、ディスクライビング ホログラフィック オプティカル エレメンツ アズ レン  
5 ジーズ、ジャーナル オブ オプティカル ソサエティ オブ アメリ  
カ、第 6 7 巻、ナンバー 6、1 9 9 7 年[William C. Sweatt:"Describi  
ng holographic optical elements as lenses",J. Opt. Soc. Am., Vol.  
67, No. 6,(1997).]）を用いて設計できることが知られている。

なお、回折効率も光源として用いる半導体レーザ光源の出力、レンズの開口数、ファイバの結合効率、ファイバ出力規格の下限及びモジュールからの出力の安全規格上限を勘案して決定する必要がある。光ファイ  
10 バ結合用のレンズは一般には、光源側の開口数が 0.2～0.4、ファイバ側の開口数が 0.1～0.2 程度、光源である半導体レーザの出力が 0～2 dbm 程度であれば、レンズの回折効率は 25～40%（より好ましくは 30～37%）の範囲内で適切に決定すればよいこととなる  
15 。

また、光ファイバモジュール用の光源としては波長  $\lambda$  が 700～1400 nm 程度の半導体レーザを用いることが多い。

ここで、回折レンズのレリーフ形状を適切に選択することにより、モジュールからの出力光強度の低減機能をレンズに付加させることが可能  
20 となる。このとき、レンズの生産は、ダイヤモンドバイトを用いた切削加工により金型を加工して樹脂成形を行ったり、直接に樹脂材料を切削加工したりして行われる。そのため、レリーフ形状の設計時には加工の条件を十分に勘案する必要がある。

以下に具体的な樹脂レンズの設計例に本発明のレリーフ形状を適用し  
25 て説明する。

（実施例 1）

- 図 1 (A) は本実施例の結合レンズの光路図である。光源 101 から  
 の射出光束 102 は、レーザの窓材 103 を透過した後、本発明の結合  
 レンズ 104 に入射する。結合レンズ 104 の射出面 105 上には温度  
 変化による焦点位置の変動を補正するための回折レンズを形成してある  
 5 。この回折レンズの正面図を (B) に示す。回折レンズはレンズの光軸  
 を中心とする同心円状の輪帯から構成されている。この回折レンズの回  
 折光のうち、1 次回折光 106 はアパチャ 107 を透過し、光ファイバ  
 108 の端面に結像される。それ以外の回折光 (図中の破線) は光ファ  
 イバ 108 の端面とは異なる位置で結像されるため、アパチャ 107 の  
 10 端面上では光束が拡がっているため、アパチャ 107 によって遮蔽され  
 る。

図 1 に示した光学系の仮想の高屈折率を用いた設計データを表 1 に示  
 す。

15

表 1

面番号	曲率半径 (1/c)	面間隔	屈折率
1	0.000000	0.1407	1
2	0.000000	0.3000	1.480000
3	0.000000	1.0000	1
4*	1.183841	1.0000	1.523306
5*	-1.257000	0.0000	7901.000000
6*	-1.256950	2.4151	1
7	0.000000	0.0000	1

- 本レンズの設計波長  $\lambda$  は 780 nm、レンズ全体の焦点距離は 1.0  
 93 mm、回折レンズの焦点距離は 4 mm、物像間距離が 4.856 m  
 m である。また、本レンズは 1 次回折光を光ファイバ結合に用いる構成  
 20 である。表 1 において、第 1 面が光源、第 2 面から第 3 面がレーザの窓



材、第4面から第6面が結合レンズで、第7面が光ファイバの端面である。

なお\*印を着けた面は

$$x = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2h^2}} + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10}$$

にて表現される非球面である。非球面係数を、表2に示す。

5

表2

	4	5	6
k	$-9.72684 \times 10^{-1}$	$7.44535 \times 10^{-1}$	$7.44414 \times 10^{-1}$
A <sub>4</sub>	$-3.79205 \times 10^{-1}$	$-2.43250 \times 10^{-2}$	$-2.43133 \times 10^{-2}$
A <sub>6</sub>	$3.87138 \times 10^{-1}$	$2.62887 \times 10^{-1}$	$2.62850 \times 10^{-1}$
A <sub>8</sub>	3.16389	1.79167	1.79187
A <sub>10</sub>	-9.42199	-4.45550	-4.45597

なお、本発明において回折レンズの回折次数は、0次が回折しない次数で、そこから、焦点距離の短い側に順に1次、2次、・・・と数えるものとし、0次から焦点距離の長い側に-1次、-2次・・・と順に数えるものとする。

図2は本実施例のレンズのレリーフ形状関数である。図中の縦軸のレリーフの深さは $\lambda / (n-1)$ を単位として描いている。このレリーフ形状関数は、周期方向のちょうど50%のところに頂点を有するいわゆる、略二等辺三角形形状で、レリーフの深さが $0.6 \times \lambda / (n-1)$ である。

図2の設計レリーフ関数を、上記のレンズ設計データの仮想の高屈折

率層の位相遅れ量に応じて変調して、レンズ表面に加工するレリーフ形状を算出した結果が図3である。図3において横軸はレンズの光軸からの高さ、縦軸は非球面を基準としたときのレリーフの起伏を示す。いずれも単位はmmである。ここで、レンズ中心付近においてレリーフ形状  
5 が二等辺形状からずれるが、これは、高屈折率層の位相変化が略二次関数的に変化しているからである。

図4は回折レンズを構成する面のサグの一部をプロットした図である。図4において、横軸は光軸からの高さで、縦軸がレンズのサグ量である。なお、サグ量が負になっているが、これは図1に示した光学系で、  
10 ファイバ方向を正に座標軸をとったためである。

図2に示した略二等辺三角形形状のレリーフ形状は、レリーフの頂点のなす角を最大にすることが出来る。バイトを用いた切削加工で金型を製造する場合にはレリーフの頂点の角がバイトのノーズ半径により丸められる。ここで、加工による形状劣化を少なくするには、レリーフの頂点  
15 のなす角をなるべく大きくする必要がある。本発明のレリーフ形状は、頂点のなす角を大きく取れるため、加工によるレリーフの形状劣化が少なく、設計からのずれを小さくすることが出来る。

本実施例レリーフ形状をノーズ半径が $10\mu\text{m}$ のバイトを用いて加工したと想定した場合における、各輪帯の回折効率の計算結果を図5の黒丸でプロットした。なお、図5中の棒グラフは各輪帯のピッチを示し、  
20 白丸によるプロットは従来の鋸歯状のレリーフを構成した場合の各輪帯の回折効率である。図より明らかに本実施例のレリーフ形状が従来の鋸歯状に比べて回折効率の均一性に勝ることが判る。なお、このときのレンズ全体の回折効率は本発明及び従来の鋸歯状とも28%である。

25 図6は、本実施例と同様の周期の50%の箇所に頂点を有する略二等辺三角形形状のレリーフ関数のレリーフの深さを変化させて、上記のレン

ズデータを用いて設計したレンズを、先端のノーズ半径が  $10 \mu\text{m}$  のバイトを用いて加工したときの回折効率を計算した結果をプロットしたグラフである。グラフの横軸はレリーフ関数の深さであり、 $\lambda / (n - 1)$  を単位としている。この図より、略 2 等辺三角形形状のレリーフはレリーフの深さ変化に対する回折効率の変化が緩やかで、これは、レンズ成型時にヒケや収縮を起こしたとしても、製造されたレンズの回折効率ばらつきが少なくなることを意味するため、製造上の観点からも望ましい。また、

$$0.6 < W(n-1)/\lambda < 1.0$$

10 の間で、1 次回折光回折効率が 28 ~ 30 % 程度と、半導体レーザモジュール用レンズにとって望ましい回折効率を有することが判る。

なお、本実施例では特定のレンズ設計データを元に、本発明のレリーフ形状を適用して形状及び回折効率を計算し、本発明のレリーフ形状の有用性を示したが、本発明のレリーフ形状は前記の特定の設計データにとらわれるものではなく、樹脂材料を用いて設計された回折レンズにより温度補償効果を持たせた光ファイバ結合用レンズ、あるいはそれと同等の仕様のレンズであれば、他の設計データにおいても同様の効果を有することは言うまでもない。

また、レリーフ形状は本発明の形状を元として、例えば頂点に丸みを持たせるなど生産性を向上するために形状を改善できる可能性があるが、上記の実施例の説明でも明らかなように、本発明のレリーフ形状は頂点が加工により丸くなったとしても回折効率が設計通りになる形状であり、上記のようなレリーフ形状の改善は本発明の考え方に含まれるものである。

25 また、加工用のバイトのノーズ半径を勘案した回折効率の計算は、山形の回折効率計算法（ヤマガタほか、" エフィシエンシー シミュレー

- ション フォア ダイヤモンド ターンド ディフラクティブ レン  
ズ”、ジャパニーズ ジャーナル オブ アプライド フィジクス、  
第37巻、ナンバー6B、1998年 [Yamagata et al.: "Efficiency  
simulation for diammont turned diffractive lenses", Jpn. J. Appl  
5 . Phys., Vol.37 , No.6B (1998)] を用いた。

(実施の形態2)

- レンズに同心円状の回折レンズを構成し、前記回折レンズの回折効率  
によりモジュールからの射出光強度を調節する場合、光ファイバの結合  
に使う次数の集光スポットの位置にアパチャを設けるため、それ以外の  
10 回折次数の光は前記アパチャによりけられることとなるが、結合に使う  
次数の前後の次数の光はそれぞれ若干はアパチャを透過する。このとき  
、光ファイバの結合に使う回折次数よりもより高い次数（合成焦点距離  
が短くなるような回折次数）に不要光が多く分配されることが望ましい  
。これは、光ファイバの結合に使う回折次数よりも低次の回折次数（屈  
15 折レンズと回折レンズの合成焦点距離が長くなるような回折次数）の光  
に比べて高次の回折次数の光はアパチャのある像平面上でより大きく拡  
散されるため、アパチャを透過する不要な次数の光量を低減することが  
出来るためである。

(実施例2)

- 20 図7に本実施例のレーザモジュール用レンズのレリーフ形状関数を示  
す。縦軸のレリーフの深さは $\lambda / (n - 1)$ を単位として描いている。

本実施例のレリーフ形状関数は、三角波状でその頂点が周期の30%  
の位置にあり、レリーフの深さは  $1.1 \times \lambda / (n - 1)$  である。

- 図7に示したレリーフを表1及び表2に示したレンズデータを用いて  
25 、レンズ加工用のレリーフの形状及び、回折レンズを一体化した面のサ  
グ量をそれぞれ図8、図9に示す。図8において横軸はレンズの光軸か

らの高さ、縦軸は非球面を基準としたときのレリーフの起伏を示す。いずれも単位はmmである。

図9は回折レンズを構成する面のサグの一部をプロットした図である。図9において、横軸は光軸からの距離で、縦軸がレンズのサグ量である。なお、サグ量が負になっているが、これは図1に示した光学系で、ファイバ方向を正に座標軸をとったためである。

次の表3は本実施例のレリーフ形状を有するレンズをノーズ半径が10 $\mu$ mのバイトを用いて加工した時のレンズ全体の回折効率を計算により求めた結果である。

10

表 3

	0次	1次	2次
回折効率	5.3%	37.0%	18.8%

表3より、本実施例に示したレリーフ形状を有する回折レンズであれば、光ファイバ結合に用いる1次回折光よりも焦点距離の長い0次回折光に分配される光強度は小さく、不要光は焦点距離の短い2次回折光に分配される。

図10は、本実施例と同様に周期の30%の箇所に頂点を有する三角波状のレリーフ関数のレリーフの深さを変化させて、上記のレンズ設計データを用いて設計したレンズを、先端のノーズ半径が10 $\mu$ mのバイトを用いて加工したときの、各回折次数における回折効率を計算した結果をプロットしたグラフである。グラフの横軸はレリーフの深さであり、 $\lambda / (n-1)$  を単位としている。これより、レリーフ関数の深さが

20

$$1.05 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.1$$

の範囲であれば、0次回折光の回折効率を7%未満に低減しつつ、結合

に用いる 1 次回折光の回折効率を 30～40%程度にでき、さらには、0 次回折光よりも 2 次回折光に不要な光をより逃がす設計となり半導体レーザモジュール用レンズとして最適な回折効率を有することが判る。

5      なお、本実施例では特定のレンズ設計データをもとに、本発明のレリーフ形状を適用して形状及び回折効率を計算し、本発明のレリーフ形状の有用性を示したが、本発明のレリーフ形状は前記の特定の設計データにとらわれるものではなく、樹脂材料を用いて設計された回折レンズにより温度補償効果を持たせた光ファイバ結合用のレンズ、あるいはそれと同等の仕様のレンズであれば、他の設計データにおいても同様の効果  
10      を有することは言うまでもない。

また、レリーフ形状は本発明の形状を元として、例えば頂点に丸みを持たせるなど生産性を向上するために形状を改善できる可能性があるが、上記の実施例の説明でも明らかなように、本発明のレリーフ形状は頂点  
15      が加工により丸くなったとしても回折効率が設計通りになる形状であり、上記のようなレリーフ形状の改善は本発明の考え方に含まれるものである。

なお、本実施例においては、レリーフの頂点の位置が 30%の場合を例に挙げて説明したが、頂点の位置が 30～40%の位置の場合においてもレリーフ関数の深さ  $W$  が、

20      1.  $0 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.05$

を満足すれば、本実施例と同様の効果を有する。すなわち、1 次回折光の回折効率を 30～40%としつつ、0 次回折光を低減できる。

ここで、頂点の位置が 40%を越えた場合は、レリーフの深さを調節しても回折効率を 40%にすることが出来なくなる。また、頂点の位置  
25      が 30%未満の場合は 1 次回折光が最適となるレリーフ深さの範囲が狭くなるため加工精度が厳しくなる上に、0 次回折光が発生するため好ま

しくない。

(実施例 3)

図 1 1 に本実施例のレーザモジュール用レンズのレリーフ形状関数を示す。縦軸のレリーフの深さは  $\lambda / (n - 1)$  を単位として描いている  
5 。本実施例のレリーフ形状関数は、三角波状で、その頂点が周期の 4 0 % の位置にあり、レリーフの深さは  $\lambda / (n - 1)$  である。

図 1 1 に示した本実施例のレリーフ関数を表 1 及び表 2 に示したレンズデータを用いて、レンズ加工用のレリーフの形状及び、回折レンズを  
10 一体化した面のサグ量求め、ノーズ半径が  $10 \mu\text{m}$  のバイトを用いて加工したときのレンズ全体の回折効率を計算した結果を次の表 4 に示す。

表 4

	0 次	1 次	2 次
回折効率	4. 7 %	3 3. 2 %	1 8. 0 %

図 1 2 は、本実施例に示したような、4 0 % の位置に頂点がある三角  
15 波状のレリーフ関数で、レリーフの深さを変化させて設計したレンズをノーズ半径が  $10 \mu\text{m}$  のバイトを用いて加工したときの、各回折次数における回折効率を計算した結果をプロットしたグラフである。グラフの横軸はレリーフの深さであり、 $\lambda / (n - 1)$  を単位としている。

図 1 2 より、レリーフ関数の深さ  $W$  が

$$20 \quad 0.9 < W(n-1)/\lambda < 1.15$$

であれば、1 次回折光の回折効率を 2 5 % ~ 3 8 % で、かつ 0 次回折光を 7 % 以下で、さらには、0 次回折光よりも 2 次回折光に不要な光をより逃がす設計となり半導体レーザモジュール用レンズとして最適な回折効率を有することが判る。

なお、本実施例では特定のレンズ設計データをもとに、本発明のレリーフ形状を適用して形状及び回折効率を計算し、本発明のレリーフ形状の有用性を示したが、本発明のレリーフ形状は前記の特定の設計データにとらわれるものではなく、樹脂材料を用いて設計された回折レンズに  
5 より温度補償効果を持たせた光ファイバ結合用のレンズ、あるいはそれと同等の仕様のレンズであれば、他の設計データにおいても同様の効果を有することは言うまでもない。

また、レリーフ形状は本発明の形状を元として、例えば頂点に丸みを持たせるなど生産性を向上するために形状を改善できる可能性があるが  
10 、上記の実施例の説明でも明らかなように、本発明のレリーフ形状は頂点が加工により丸くなったとしても回折効率が設計通りになる形状であり、上記のようなレリーフ形状の改善は本発明の考え方に含まれるものである。

(実施例 4)

15 図 13 には実施例 2 に示したレリーフを有する回折手段一体型のレンズを結合レンズとして用いた半導体レーザモジュールの構成を示す。

半導体レーザ 1301 と本発明の結合レンズ 1302 はそれぞれレンズホルダ 1303 の前、後端部に対向して固定される。レンズホルダ 1303 の外周面には接続用ホルダ 1304 がはめ込まれている。この接  
20 続用ホルダ 1304 にはフェルールホルダ 1305 が固定され、フェルールホルダ 1305 には光ファイバ 1306 を挿入するフェルール 1307 が脱着自在に固定される。

半導体レーザ 1301 からの射出光束は本発明の結合レンズ 1302 に入射する。本発明の結合レンズの射出面 1308 上には回折レンズが  
25 形成されており、前記回折レンズの 1 次回折光はアパチャ 1309 を透過し光ファイバ 1306 の入射端面に結像する。ここで、図 13 (B)



はレンズの射出面 1308 からアパチャ 1309 までの部分の拡大模式図である。アパチャ 1309 は 1 次回折光の結像位置 1310 上に設けてある。0 次回折光 1311 はアパチャ 1309 の後ろ側で結像し、2 次回折光 1312 はアパチャの前で結像する。このとき、アパチャ 1309 上では 0 次回折光 1311 よりも 2 次回折光 1312 の方が拡がっている。そのため、2 次回折光 1312 に比べると 0 次回折光 1311 はアパチャを透過しやすい。本実施例においては、0 次回折光 1311 がほとんど発生しないレンズを用いているため、モジュールから漏れ出す不要光を低減することが出来る。

10 (実施の形態 3)

回折一体型の温度補償型樹脂レンズを結合レンズに用いた場合には、アパチャで不要な回折次数の光を遮断する。このときに、不要な回折次数の光と光ファイバ結合に用いる回折次数の光との結像する像高が異なるとアパチャの組立精度及び加工精度を緩和することが可能で、モジュールの製造コストを低減出来る。

(実施例 5)

図 14 は本実施例のレーザモジュールの概略構成図である。

半導体レーザ 1401 と本発明の結合レンズ 1402 はそれぞれレンズホルダ 1403 の前、後端部に対向して固定される。ここで、レンズホルダ 1403 は結合レンズ 1402 が光軸に対して傾斜してとりつくようにレンズ固定面が加工されている。レンズホルダ 1403 の外周面には接続用ホルダ 1404 がはめ込まれている。この接続用ホルダ 1404 にはフェルールホルダ 1405 が固定され、フェルールホルダ 1405 には光ファイバ 1406 を挿入するフェルール 1407 が脱着自在に固定される。

半導体レーザ 1401 からの射出光束は本発明の結合レンズ 1402

- に入射する。本発明の結合レンズの射出面 1 4 0 8 上には回折レンズが形成されており、前記回折レンズの 1 次回折光はアパチャ 1 4 0 9 を透過し光ファイバ 1 4 0 6 の入射端面に結像する。ここで、結合レンズ 1 4 0 2 が光軸に対して傾斜して固定されているので、結合レンズにとって半導体レーザ光源からの射出光束は軸外光となり、それぞれの回折次数の光はレンズの合成焦点距離の違いにより、結像する焦点面も、像高も異なる。そのため、不要光を遮断するために設けたアパチャ 1 4 0 8 の加工精度及び組立精度を大幅に緩和することが可能で、さらには、各次数の回折光スポットの位置によってはアパチャをなくすことができ、
- 10 モジュール全体の低コスト化を図ることが出来る。

(実施例 6)

図 1 5 に本実施例の結合レンズの概略光路図を示す。

- レーザ 1 5 0 1 からの射出光 1 5 0 2 はレーザの窓材 1 5 0 3 を透過した後、本発明の結合レンズ 1 5 0 4 に入射する。本発明の結合レンズ
- 15 1 5 0 4 の射出面 1 5 0 5 上には同心円状の輪帯により構成される回折レンズが形成してある。図 1 5 (B) に射出面の正面図を示す。この回折レンズの輪帯の中心は、レンズの回転対称軸に対して偏心している。このとき、回折レンズの 1 次回折光の焦点位置と 2 次及び 0 次回折光の焦点位置は像面の位置及び、像高の両方が異なることとなる。回折レン
- 20 ズの 1 次回折光は光ファイバ 1 5 0 6 の端面に集光され結合される。0 次及び 2 次回折光 1 5 0 7 はそれぞれ光ファイバの前に設けたアパチャ 1 5 0 8 により遮蔽されるが、このとき、それぞれの回折次数の光の結像位置 (像高) が異なるため、アパチャの加工精度及び組立精度を緩和することが可能である。

25 (実施例 7)

図 1 6 は本実施例のレーザモジュールの概略構成図である。

半導体レーザ 1601 と本発明の結合レンズ 1602 はそれぞれレンズホルダ 1603 の前、後端部に対向して固定される。ここで、結合レンズ 1602 には実施例 6 にて説明したレンズを用いるものとする。レンズホルダ 1603 の外周面には接続用ホルダ 1604 がはめ込まれている。この接続用ホルダ 1604 にはフェルールホルダ 1605 が固定され、フェルールホルダ 1605 には光ファイバ 1606 を挿入するフェルール 1607 が脱着自在に固定される。ここで、フェルールホルダ 1605 は結合レンズ 1602 の 1 次回折光の集光位置に光ファイバ 1606 の入射端面が位置するように半導体レーザ 1601 に対して偏心して取り付けられる。

半導体レーザ 1601 からの射出光束は本発明の結合レンズ 1602 に入射する。本発明の結合レンズの射出面 1608 上には回折レンズが形成されており、前記回折レンズの 1 次回折光はアパチャ 1609 を透過し光ファイバ 1606 の入射端面に結像する。

本実施例のレンズを用いた半導体レーザモジュールはレンズを傾斜して取り付けなくても回折光の結像位置を分けることが出来るため、モジュールの組立を簡素化でき、製造コストを低減できる。

#### (実施の形態 4)

ガラス製の結合レンズを用いる場合には、温度変化による焦点位置変動の補正の必要がない。そのため、レンズ表面に回折格子を形成して、モジュールから射出される光強度を調節できる。

#### (実施例 8)

図 17 (A) に本実施例の結合レンズの断面図及び光路図を示す。光源であるレーザ 1701 からの射出光線 1702 はレーザの窓材 1703 を透過し、本発明の結合レンズ 1704 に入射する。本発明の結合レンズ 1704 の入射面 1705 上には略直線溝からなる回折格子を形成

してある。レンズの入射面 1705 から見たレンズの正面図を図 17 (B) に示す。前記回折格子の 0 次回折光に対する回折効率はモジュールの出力が安全規格に入るように適切に選択され、前記レンズ面上に形成されている回折格子は前記回折効率を達成するために最適な断面形状を有するものとする。このとき結合レンズ 1704 へ入射した光はレンズの入射面 1705 上に形成された回折格子によって回折される。0 次回折光 1706 はアパチャ 1707 を透過し、光ファイバ 1708 の端面に結像する。それ以外の回折次数の光は、アパチャ 1707 により遮蔽される。

10 (実施例 9)

図 18 には本実施例の半導体レーザモジュールの構成図を示す。

レンズホルダ 1801 の後端部側に半導体レーザ 1802 が挿入されて固定されている。一方、レンズホルダ 1801 の前端部に実施例 8 で説明した結合レンズ 1803 が固定されている。レンズホルダ 1801 の外周面には接続用ホルダ 1804 がはめ込まれている。さらにこの接続用ホルダ 1804 にはフェルールホルダ 1805 が固定され、フェルールホルダ 1805 には光ファイバ 1806 を挿入するフェルール 1807 が脱着自在に固定される。半導体レーザ 1802 からの射出光束は結合レンズ 1803 に入射する。結合レンズ 1803 の入射面側 1808 には回折格子を形成してあるため、回折光が発生する。

ここで、0 次回折光 1809 は光ファイバ 1806 の端面に集光されファイバに結合される。他の次数の回折光は光ファイバの前に設けたアパチャ 1810 により遮蔽され、モジュールから漏れ出すことはない。また、結合レンズ 1803 上に加工した回折格子のピッチを十分に細かくした場合には回折角を大きくとれるため、アパチャ 1810 を用いない構成とすることもできる。

本実施例の半導体レーザモジュールは減衰膜や、偏光板などの光減衰手段を別に設けたり、光ファイバがはずれた場合に発光を停止するような制御回路を用いることなく、モジュールの出力光強度を安全規格内に抑えることが出来る。結果として、安価なレーザモジュールを提供できる。

(実施の形態 5)

レーザモジュールの出力安全規格の上限は $-4.9 \text{ dBm}$  (ANSI規格)であり、光ファイバ通信を行うための出力下限は $-10 \text{ dBm}$ となっている。その為、レーザモジュールの設計時には出力を上記の範囲にはいるように調節しなければならない。レーザから光ファイバまでの光量ロス、半導体レーザの発散角に対する結合レンズの入射側NAが小さいことによるけられやレンズ表面でのフレネル損失などの結合レンズの入射時の損失と、レンズの射出光束と光ファイバとの結合効率による損失がある。結合レンズのレーザ側NAを0.2程度、ファイバ側NAを0.15程度とすると、レンズへの入射時の損失は45~55%程度、ファイバ結合時の損失は20%~30%程度と見込める。

また、高速通信に適したレーザは0 dBm程度の出力がある。その為、回折レンズの回折効率を調節して上記の損失と併せて出力が規格に収まるように設計することとなる。

上記の条件を勘案すると、光ファイバ結合に用いる回折光の回折効率 $\eta$ は

$$30\% \leq \eta \leq 37\%$$

となる。しかしながら、レンズの仕様の変化に伴う損失見込みの変化や、光源として用いるレーザの出力の選択によっては好適な回折効率 $\eta$ は下記の範囲に分布する。

$$25\% \leq \eta \leq 40\%$$

表5は、波長が790nm、材料の屈折率が1.523306、輪帯の平均ピッチが40 $\mu$ m、加工用バイトの先端のノーズ半径Rを10 $\mu$ mとした場合に、1次回折光の回折効率が上記の回折効率を得るために  
 5 必用なレリーフの振幅をレリーフの頂点の位置をレリーフ周期の25%から50%の範囲に亘って計算した結果である。なお、振幅は $\lambda / (n - 1)$ を単位として表記した。このとき $\lambda / (n - 1)$ は1.509633 $\mu$ mである。表中の空欄は、レリーフの深さを調節してもその回折効率が得られないことを示す。

10

表5

		回折効率 (%)				
		25	30	33	37	40
頂 点 の 位 置 (X)	0.250	1.27	1.24	1.21	1.17	1.14
	0.275	1.25	1.2	1.17	1.13	1.1
	0.300	1.21	1.16	1.13	1.08	1.05
	0.325	1.18	1.12	1.09	1.04	1.00
	0.350	1.14	1.08	1.04	0.99	0.94
	0.375	1.10	1.04	0.99	0.95	0.87
	0.400	1.06	0.99	0.94	0.86	0.74
	0.425	1.02	0.94	0.88	0.72	
	0.450	0.97	0.88	0.81		
	0.475	0.93	0.82	0.70		
	0.500	0.87	0.68			

表より、25%以上40%以下の回折効率を得るためには、

$$-2.5X + 1.75 \leq W(n-1)/\lambda \leq -1.6X + 1.71$$

を満足するようにレリーフ形状を設計すればよいことがわかる。

15 また、同様に、30%以上37%以下の回折効率を得るためには

$$-2.4X + 1.76 \leq W(n-1)/\lambda$$

$$\leq -1.94X + 1.77$$

を満足するようにレリーフ形状を設計すればよい。

なお、加工条件やレンズの平均ピッチなどが変化した場合には上記の最適条件が若干変化する。その変化量として5%を見込んだ場合には、25%以上40%以下の回折効率を得るためのレリーフの振幅Wは

$$\begin{aligned} 5 \quad & -2.5X + 1.66 \leq W(n-1)/\lambda \leq -1.6X + 1.8 \\ & \text{となり、同様に30\%以上37\%以下の回折効率を得るための条件は} \\ & -2.4X + 1.67 \leq W(n-1)/\lambda \\ & \leq -1.94X + 1.86 \end{aligned}$$

となる。

- 10    また、上記の設計条件において、レリーフの頂点の位置Xが0.3 (30%)以上0.4 (40%)以下の場合には0次回折光を低くすることが可能であるため、モジュール構成時にアパチャから漏れ出す光をより少なくすることが可能である。

- 15    本実施の形態の結合レンズは、上述の実施例4、5等と同様の構成の半導体レーザモジュールに組み込んで使用することができる。

(実施の形態6)

結合レンズとして、単レンズと回折レンズとの組レンズを用いることによって従来から用いられている単レンズをそのまま利用できる利点がある。

- 20    (実施例10)

図19は本発明の結合レンズの構成図である。

- 25    光源1901からの射出光束1902は窓材1903を透過した後、屈折レンズ1904に入射する。屈折レンズ1904は発散光束である入射光を収束光束として射出する。屈折レンズ1904の射出光は続いて、回折レンズ1905へと入射する。回折レンズ1905には同心円状の輪帯が図19の(B)に示すように構成されており、正レンズとし

て作用する。

回折レンズ1905の1次回折光は屈折レンズ1904の温度変化による焦点位置変動を補正するように設計されている。このためには、屈折レンズ1904と回折レンズ1905の1次回折光とによって構成される組レンズの合成焦点距離を $f$ 、回折レンズ1905の1次回折光の焦点距離を $f_d$ とするとき、

$$2 < f / f_d < 5$$

を満足するように設計されていけばよい。

回折レンズの回折効率は光源として用いる半導体レーザ光源の出力、  
 10 レンズの開口数、ファイバの結合効率、ファイバ出力規格の下限及びモジュールからの出力の安全規格上限を勘案して決定する必要がある。屈折レンズ1904の光源側開口数が0.2～0.4、ファイバ側開口数が0.1～0.2程度、光源である半導体レーザの出力が0～2dbm程度であれば、回折レンズ1905の1次回折光の回折効率は25～4  
 15 0%（より好ましくは30～37%）の範囲内で適切に決定すればよいこととなる。

回折レンズ1905の1次回折光1906はアパチャ1907を透過し、光ファイバ1908の端面に結像される。それ以外の次数の回折光（図中の破線にて示す）はアパチャ1907と異なる位置に結像するため、アパチャ1907の面上では光束が拡がっており、アパチャ1907によって遮蔽される。  
 20

図20（A）は回折レンズ1905の斜視図、図20（B）は回折レンズの光軸を含む平面での断面図である。

平面上に回折レンズを作成する場合には、フォトリソグラフィによって製造することが可能である。この方法によって製造した回折レンズは  
 25 図20（B）に示したような階段状の輪帯となる特徴がある。図には4



段の階段からなる回折レンズを示すが、この段の数及び階段の断面形状を調節することによって回折効率を最適な範囲に調節することが可能である。

(実施例 1 1)

- 5 図 2 1 (A) は本実施例の半導体レーザモジュールの概略構成図である。

半導体レーザ 2 1 0 1 と、屈折レンズ 2 1 0 2 及び回折レンズ 2 1 0 3 の組レンズにて構成される結合レンズはレンズホルダ 2 1 0 4 の前、後部に対向して固定される。回折レンズ 2 1 0 3 は図 2 1 (B) に示す  
10 ような光軸を中心とした同心円状の輪帯 (図 2 0 参照) によって構成されている。レンズホルダ 2 1 0 4 の外周面には接続用ホルダ 2 1 0 5 がはめ込まれている。この接続ホルダ 2 1 0 5 にはフェルールホルダ 2 1 0 6 が固定され、フェルールホルダ 2 1 0 6 には光ファイバ 2 1 0 7 を挿入するフェルール 2 1 0 8 が脱着自在に固定される。

- 15 半導体レーザ 2 1 0 1 からの射出光束は屈折レンズ 2 1 0 2 に入射する。屈折レンズの射出光束は回折レンズ 2 1 0 3 に入射し回折レンズによって複数の次数の回折光へと分離される。回折レンズの 1 次回折光は、アパチャ 2 1 0 9 を透過し光ファイバ 2 1 0 7 の端面に結合される。回折レンズの他の次数の回折光は、焦点距離が異なるため、光軸上で 1  
20 次回折光とは異なる位置に焦点を結ぶ。その為、アパチャ面上では光束が拡がっており、アパチャによって遮蔽される。

(実施例 1 2)

図 2 1 (C) は本実施例の半導体レーザモジュールの回折レンズの正面図である。

- 25 回折レンズの輪帯が光軸に対して偏心して加工されている。  
この回折レンズを実施例 1 1 にて示した半導体レーザモジュールの回

折レンズ 2103 の代わりとして用いると以下の効果を有する。

すなわち、回折レンズの各次数の光が作る焦点位置が光軸方向だけでなく光軸に垂直な方向にも異なる。その為、アパチャによる遮蔽が容易となり、アパチャの加工、組立精度を緩和できる。

5 (実施の形態 7)

従来から用いられているガラス製の結合レンズを用いる場合には、温度変化による焦点位置変動の補正の必要がない。そのため、半導体レーザと光ファイバとの間の光路中に回折格子を配置して、モジュールから射出される光強度を調節することができる。

10 (実施例 13)

図 22 (A) には本実施例の半導体レーザモジュールの構成図を示す。

15 レンズホルダ 2201 の後端部側に半導体レーザ 2202 が挿入されて固定されている。一方、レンズホルダ 2201 の前端部に結合レンズ 2203 及び回折格子 2204 が固定されている。回折格子 2204 は、図 22 (B) にその正面図を示すように、直線状の溝にて構成されている。結合レンズ 2203 の外周面には接続用ホルダ 2205 がはめ込まれている。さらにこの接続用ホルダ 2205 にはフェルールホルダ 2206 が固定され、フェルールホルダ 2206 には光ファイバ 2207 を挿入するフェルール 2208 が脱着自在に固定される。  
20 半導体レーザ 2202 からの射出光束は結合レンズ 2203 に入射する。結合レンズ 2203 からの射出光は回折格子 2204 に入射し複数の次数の回折光に分割される。

ここで、0 次回折光 2209 は光ファイバ 2207 の端面に集光され  
25 ファイバに結合される。他の次数の回折光は光ファイバの前に設けたアパチャ 2210 により遮蔽され、モジュールから漏れ出すことはない。

また、回折格子 2 2 0 4 のピッチを十分に細かくした場合には回折角を大きくとれるため、アパチャ 2 2 1 0 を用いない構成とすることもできる。

- 5 本実施例の半導体レーザモジュールは従来から用いられているレンズをそのまま用いたまま、減衰膜や、偏光板などの光減衰手段を別に設けたり、光ファイバがはずれた場合に発光を停止するような制御回路を用いることなく、モジュールの出力光強度を安全規格内に抑えることが出来る。結果として、安価なレーザモジュールを提供できる。

## 請求の範囲

1. 半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するために用いる結合レンズであって、単レンズで構成され、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に同心円状の輪帯により構成された回折レンズを一体化し、前記回折レンズは正の屈折力を持ち、前記回折レンズのレリーフ関数が略2等辺三角形形状であって、前記レリーフ関数の深さWが下記式を満足することを特徴とする結合レンズ。

$$0.6 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.0$$

10 但し、

W：レリーフ関数の深さ

n：レンズ材料の屈折率

$\lambda$ ：半導体レーザの波長

2. 半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するために用いる結合レンズであって、単レンズで構成され、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に同心円状の輪帯により構成された回折レンズを一体化し、前記回折レンズは正の屈折力を持ち、前記回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の25%以上45%以下の間の1カ所に頂点がある略三角形形状であって、前記レリーフ関数の深さWが下記式を満足することを特徴とする結合レンズ。

$$0.9 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.2$$

但し、

W：レリーフ関数の深さ

n：レンズ材料の屈折率

25  $\lambda$ ：半導体レーザの波長

3. 前記回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の30%以上4

0%以下の間の1カ所に頂点がある略三角形形状であって、前記レリーフ関数の深さWが下記式を満足することを特徴とする請求の範囲第2項に記載の結合レンズ。

$$1. \quad 0 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.1$$

5 但し、

W: レリーフ関数の深さ

n: レンズ材料の屈折率

$\lambda$ : 半導体レーザの波長

4. 前記回折レンズの1次回折光を光ファイバ結合に用いる構成であ  
10 って、0次回折光の回折効率を $\eta_0$ 、2次回折光の回折効率を $\eta_2$ とするとき、

$$\eta_0 < \eta_2$$

であることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の結合レンズ。

15 5. 前記回折レンズの0次回折光の回折効率 $\eta_0$ が下記式を満足することを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の結合レンズ。

$$\eta_0 < 7\%$$

6. 半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するために用いる結合レンズであって、単レンズで構成され、前記単レンズの入射面及  
20 び射出面のいずれか一方の表面上に同心円状の輪帯により構成された回折レンズを一体化し、前記回折レンズは正の屈折力を持ち、前記回折レンズが屈折レンズの回転対称軸に対して偏心して加工されていることを特徴とする結合レンズ。

7. 前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の  
25 回折効率を $\eta$ とするとき、

$$25\% \leq \eta \leq 40\%$$

であることを特徴とする請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズ。

8. 前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を $\eta$ とすると、

$$5 \quad 30\% \leq \eta \leq 37\%$$

であることを特徴とする請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズ。

9. 半導体レーザの波長 $\lambda$ が

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

10 であることを特徴とする請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズ。

10. レンズの材料が樹脂であって、温度変化に起因して前記樹脂材料の屈折率及び半導体レーザの波長が変化した場合に、前記屈折率の変化によるレンズの焦点距離の変化を、前記波長の変化による回折レンズ  
15 の焦点距離の変化で補正するように、前記回折レンズが設計されていることを特徴とする請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズ。

11. レンズの材料が樹脂であって、レンズ全体の焦点距離を $f$ 、前記回折レンズの焦点距離を $f_0$ とすると、

$$20 \quad 2 < f_0/f < 5$$

であることを特徴とする請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズ。

12. 少なくとも、半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前  
25 記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有し、前記結合レンズは請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズであるこ

とを特徴とする半導体レーザモジュール。

13. 前記半導体レーザの波長 $\lambda$ が

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

であることを特徴とする請求の範囲第12項に記載の半導体レーザモジュール。

14. 少なくとも、半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有し、前記結合レンズは請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズであって、前記結合レンズが光軸に対して傾いて固定されていることを特徴とする半導体レーザモジュール。

15. 前記半導体レーザの波長 $\lambda$ が

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

であることを特徴とする請求の範囲第14項に記載の半導体レーザモジュール。

16. 半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するために用いる結合レンズであって、ガラス製であって、単レンズで構成され、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に回折格子が形成されていることを特徴とする結合レンズ。

17. 回折格子の0次回折光を光ファイバ結合に用い、0次回折光の回折効率 $\eta_0$ が下記式を満足することを特徴とする請求の範囲第16項に記載の結合レンズ。

$$25\% \leq \eta_0 \leq 40\%$$

18. 回折格子の0次回折光を光ファイバ結合に用い、0次回折光の回折効率 $\eta_0$ が下記式を満足することを特徴とする請求の範囲第16項に記載の結合レンズ。

$$30\% \leq \eta \leq 37\%$$

19. 半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを少なくとも有する半導体レーザモジュールであって、前記結合レンズが請求の範囲第16項に記載の結合レンズであることを特徴とする半導体レーザモジュール。

20. 前記半導体レーザの波長 $\lambda$ が

$$700\text{nm} < \lambda < 1400\text{nm}$$

- であることを特徴とする請求の範囲第19項に記載の半導体レーザモジュール。

21. 半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するために用いる結合レンズであって、単レンズで構成され、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に同心円状の輪帯により構成された回折レンズを一体化し、前記回折レンズは正の屈折力を持ち、前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を $\eta$ とするとき、

$$25\% \leq \eta \leq 40\%$$

であることを特徴とする結合レンズ。

22. 前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を $\eta$ とするとき、

$$30\% \leq \eta \leq 37\%$$

であることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の結合レンズ。

23. 回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の25%以上50%以下の間の1カ所に頂点がある略三角形状であって、前記頂点の位置をX、レリーフ関数の深さをWとするとき、Wが下記式を満足することを特徴とする請求の範囲第21項に記載の結合レンズ。



$$-2.5X + 1.66 \leq W(n-1)/\lambda \leq -1.6X + 1.8$$

24. 回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の25%以上50%以下の間の1カ所に頂点がある略三角形形状であって、前記頂点の位置をX、レリーフ関数の深さをWとすると、Wが下記式を満足すること  
5 を特徴とする請求の範囲第21項に記載の結合レンズ。

$$-2.5X + 1.75 \leq W(n-1)/\lambda \leq -1.6X + 1.71$$

25. 回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の25%以上50%以下の間の1カ所に頂点がある略三角形形状であって、前記頂点の位置  
10 をX、レリーフ関数の深さをWとすると、Wが下記式を満足すること  
を特徴とする請求の範囲第21項に記載の結合レンズ。

$$-2.4X + 1.67 \leq W(n-1)/\lambda \leq -1.94X + 1.86$$

26. 回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の25%以上50%以下の間の1カ所に頂点がある略三角形形状であって、前記頂点の位置  
15 をX、レリーフ関数の深さをWとすると、Wが下記式を満足すること  
を特徴とする請求の範囲第21項に記載の結合レンズ。

$$-2.4X + 1.76 \leq W(n-1)/\lambda \leq -1.94X + 1.77$$

- 20 27. 回折レンズのレリーフ関数が、レリーフ周期の30%以上40%以下の間の1カ所に頂点がある略三角形形状であることを特徴とする請求の範囲第23項～第26項のいずれかに記載の結合レンズ。

28. 半導体レーザの波長 $\lambda$ が

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

- 25 であることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の結合レンズ。

29. レンズの材料が樹脂であって、温度変化に起因して前記樹脂材

料の屈折率及び半導体レーザの波長が変化した場合に、前記屈折率の変化によるレンズの焦点距離の変化を、前記波長の変化による回折レンズの焦点距離の変化で補正するように、前記回折レンズが設計されていることを特徴とする請求の範囲第 2 1 項に記載の結合レンズ。

- 5      3 0. レンズが材料が樹脂であって、レンズ全体の焦点距離を  $f$ 、前記回折レンズの焦点距離を  $f_d$  とするとき、

$$2 < f_d / f < 5$$

であることを特徴とする請求の範囲第 2 1 項に記載の結合レンズ。

- 3 1. 少なくとも、半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有し、前記結合レンズは請求の範囲第 2 1 項に記載の結合レンズであることを特徴とする半導体レーザモジュール。
- 10

- 3 2. 半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するために用いる結合レンズであって、前記結合レンズは、屈折レンズと同心円状の輪帯により構成された回折レンズとの組レンズであって、前記回折レンズは正の屈折力を持ち、前記回折レンズの回折光のうち光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を  $\eta$  とするとき、
- 15

$$25\% \leq \eta \leq 40\%$$

- 20      であることを特徴とする結合レンズ。

3 3. 前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を  $\eta$  とするとき、

$$30\% \leq \eta \leq 37\%$$

であることを特徴とする請求の範囲第 3 2 項に記載の結合レンズ。

- 25      3 4. 半導体レーザの波長  $\lambda$  が

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

であることを特徴とする請求の範囲第 3 2 項に記載の結合レンズ。

- 3 5. レンズの材料が樹脂であって、温度変化に起因して前記樹脂材料の屈折率及び半導体レーザの波長が変化した場合に、前記屈折率の変化によるレンズの焦点距離の変化を、前記波長の変化による回折レンズ  
5 の焦点距離の変化で補正するように、前記回折レンズが設計されていることを特徴とする請求の範囲第 3 2 項に記載の結合レンズ。

3 6. 屈折レンズの材料が樹脂であって、レンズ全体の焦点距離を  $f$ 、前記回折レンズの焦点距離を  $f_d$  とするとき、

$$2 < f_d / f < 5$$

- 10 を満足することを特徴とする請求の範囲第 3 2 項に記載の結合レンズ。

3 7. 回折レンズのレリーフ形状が階段状の輪帯からなることを特徴とする請求の範囲第 3 2 項に記載の結合レンズ。

- 3 8. 回折レンズの同心円状の輪帯の中心が屈折レンズの光軸に対して偏心して固定されていることを特徴とする請求の範囲第 3 2 項に記載  
15 の結合レンズ。

- 3 9. 少なくとも、半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有する半導体レーザモジュールであって、前記結合レンズは請求の範囲第 3 2 項に記載の結合  
20 レンズであることを特徴とする半導体レーザモジュール。

4 0. 前記半導体レーザの波長  $\lambda$  が

$$700 \text{ nm} < \lambda < 1400 \text{ nm}$$

であることを特徴とする請求の範囲第 3 9 項に記載の半導体レーザモジュール。

- 25 4 1. 少なくとも、半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前

記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有する半導体レーザモジュールであって、前記結合レンズと光ファイバの間に回折格子を配置したことを特徴とする半導体レーザモジュール。

42. 前記回折格子の回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の

5 回折効率  $\eta$  が

$$25\% \leq \eta \leq 40\%$$

であることを特徴とする請求の範囲第41項に記載の半導体レーザモジュール。

43. 前記半導体レーザの波長  $\lambda$  が

10  $700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$

であることを特徴とする請求の範囲第41項に記載の半導体レーザモジュール。

## 補正書の請求の範囲

[2000年2月21日(21.02.00)国際事務局受理:出願当初の請求の範囲17及び42は取り下げられた;出願当初の請求の範囲6,7,16,18及び41は補正された;他の請求の範囲は変更なし。(6頁)]

0%以下の間の1カ所に頂点がある略三角形状であって、前記レリーフ関数の深さWが下記式を満足することを特徴とする請求の範囲第2項に記載の結合レンズ。

$$1.0 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.1$$

5 但し、

W:レリーフ関数の深さ

n:レンズ材料の屈折率

$\lambda$ :半導体レーザの波長

4. 前記回折レンズの1次回折光を光ファイバ結合に用いる構成であ  
10 って、0次回折光の回折効率を $\eta_0$ 、2次回折光の回折効率を $\eta_2$ とする  
とき、

$$\eta_0 < \eta_2$$

であることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の結合  
レンズ。

15 5. 前記回折レンズの0次回折光の回折効率 $\eta_0$ が下記式を満足する  
ことを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の結合レンズ。

$$\eta_0 < 7\%$$

6. (補正後)半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するた  
めに用いる結合レンズであって、単レンズで構成され、前記単レンズの  
20 入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に同心円状の輪帯により構成  
された回折レンズを一体化し、前記回折レンズは正の屈折力を持ち、前  
記回折レンズは屈折レンズの回転対称軸に対して偏心して加工されてお  
り、前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回  
折効率を $\eta$ とするとき、

$$25 \quad 25\% \leq \eta \leq 40\%$$

であることを特徴とする結合レンズ。

7. (補正後) 前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を  $\eta$  とするとき、

$$25\% \leq \eta \leq 40\%$$

であることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の結合レンズ。

8. 前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を  $\eta$  とするとき、

$$30\% \leq \eta \leq 37\%$$

であることを特徴とする請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズ。

9. 半導体レーザの波長  $\lambda$  が

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

であることを特徴とする請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズ。

10. レンズの材料が樹脂であって、温度変化に起因して前記樹脂材料の屈折率及び半導体レーザの波長が変化した場合に、前記屈折率の変化によるレンズの焦点距離の変化を、前記波長の変化による回折レンズの焦点距離の変化で補正するように、前記回折レンズが設計されていることを特徴とする請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズ。

11. レンズの材料が樹脂であって、レンズ全体の焦点距離を  $f$ 、前記回折レンズの焦点距離を  $f_0$  とするとき、

$$2 < f_0/f < 5$$

であることを特徴とする請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズ。

12. 少なくとも、半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバ

の入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有し、前記結合レンズは請求の範囲第 1 項、第 2 項または第 6 項に記載の結合レンズであることを特徴とする半導体レーザモジュール。

5 13. 前記半導体レーザの波長 $\lambda$ が

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

であることを特徴とする請求の範囲第 12 項に記載の半導体レーザモジュール。

14. 少なくとも、半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有し、前記結合レンズは請求の範囲第1項、第2項または第6項に記載の結合レンズであって、前記結合レンズが光軸に対して傾いて固定されていることを特徴とする半導体レーザモジュール。

15 15. 前記半導体レーザの波長 $\lambda$ が

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

であることを特徴とする請求の範囲第 14 項に記載の半導体レーザモジュール。

16. (補正後)半導体レーザーからの射出光束を光ファイバに結合する  
20 ために用いる結合レンズであって、ガラス製であって、単レンズで構成  
され、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に回折  
格子が形成されており、回折格子の0次回折光を光ファイバ結合に用い  
0 次回折光の回折効率 $\eta_0$ が下記式を満足することを特徴とする結合  
レンズ。

$$25 \qquad 25\% \leq \eta_0 \leq 40\%$$

17. (削除)

18. (補正後) 0次回折光の回折効率 $\eta_0$ が下記式を満足することを特徴とする請求の範囲第16項に記載の結合レンズ。



であることを特徴とする請求の範囲第32項に記載の結合レンズ。

35. レンズの材料が樹脂であって、温度変化に起因して前記樹脂材料の屈折率及び半導体レーザの波長が変化した場合に、前記屈折率の変化によるレンズの焦点距離の変化を、前記波長の変化による回折レンズ  
5 の焦点距離の変化で補正するように、前記回折レンズが設計されていることを特徴とする請求の範囲第32項に記載の結合レンズ。

36. 屈折レンズの材料が樹脂であって、レンズ全体の焦点距離を  $f$ 、前記回折レンズの焦点距離を  $f_d$  とするとき、

$$2 < f_d / f < 5$$

- 10 を満足することを特徴とする請求の範囲第32項に記載の結合レンズ。

37. 回折レンズのレリーフ形状が階段状の輪帯からなることを特徴とする請求の範囲第32項に記載の結合レンズ。

38. 回折レンズの同心円状の輪帯の中心が屈折レンズの光軸に対して偏心して固定されていることを特徴とする請求の範囲第32項に記載  
15 の結合レンズ。

39. 少なくとも、半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有する半導体レーザモジュールであって、前記結合レンズは請求の範囲第32項に記載の結合  
20 レンズであることを特徴とする半導体レーザモジュール。

40. 前記半導体レーザの波長  $\lambda$  が

$$700 \text{ nm} < \lambda < 1400 \text{ nm}$$

であることを特徴とする請求の範囲第39項に記載の半導体レーザモジュール。

- 25 41. (補正後) 少なくとも、半導体レーザと、光ファイバと、前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザからの射

出光束を前記光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有する半導体レーザモジュールであって、前記結合レンズと光ファイバの間に回折格子が配置され、前記回折格子の回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率  $\eta$  が

$$5 \quad 25\% \leq \eta \leq 40\%$$

であることを特徴とする半導体レーザモジュール。

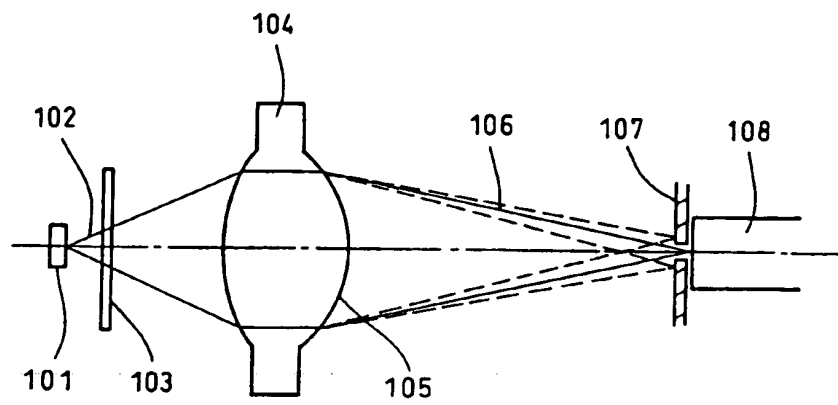
42. (削除)

43. 前記半導体レーザの波長  $\lambda$  が

$$700\text{ nm} < \lambda < 1400\text{ nm}$$

10 であることを特徴とする請求の範囲第41項に記載の半導体レーザモジュール。

(A)



(B)

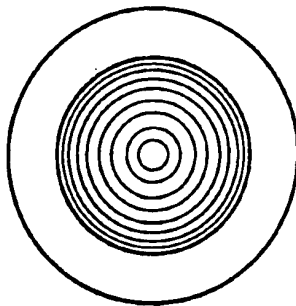


FIG.1

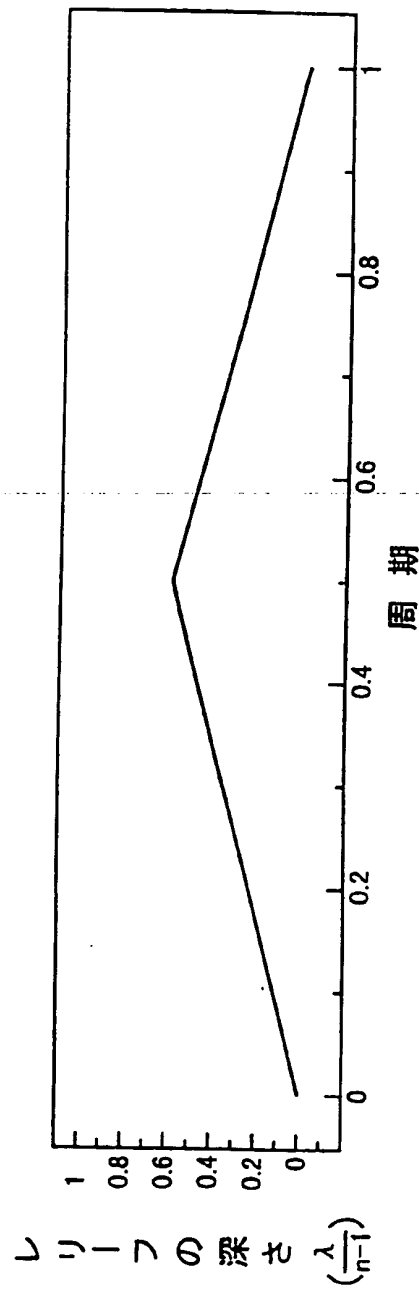


FIG. 2

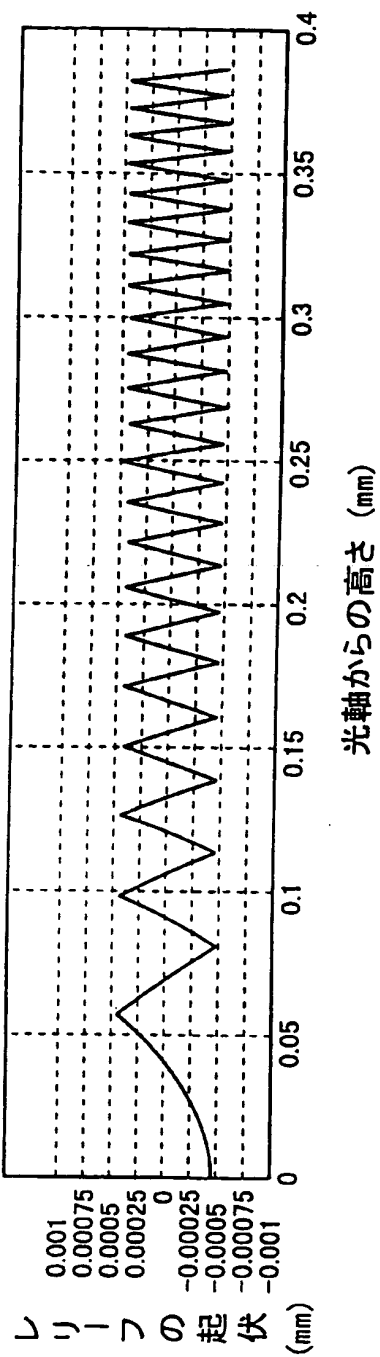


FIG . 3

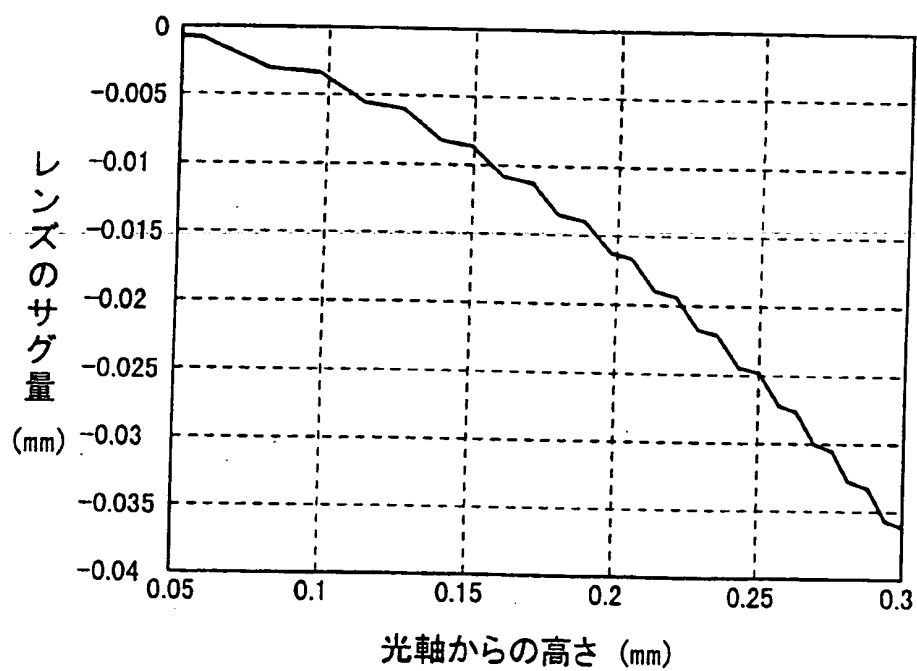


FIG. 4

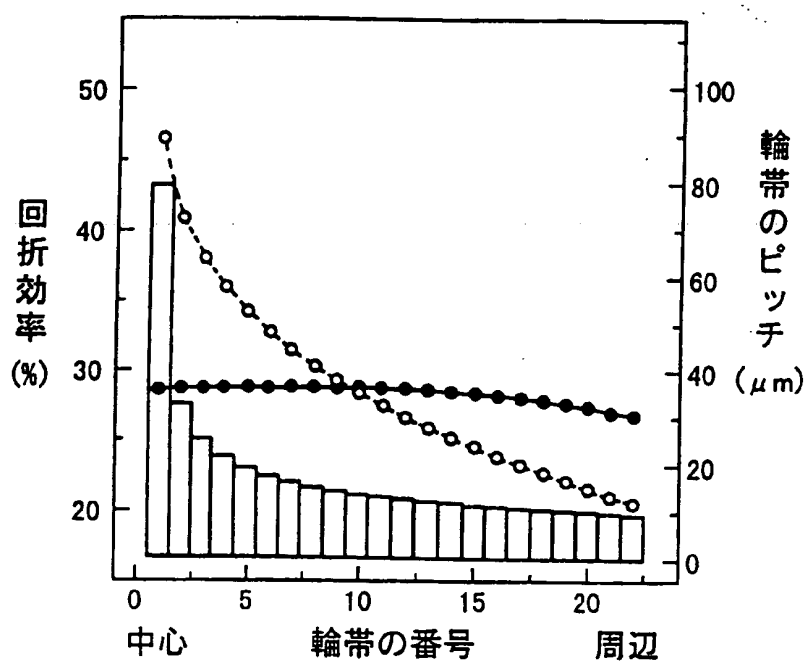


FIG . 5

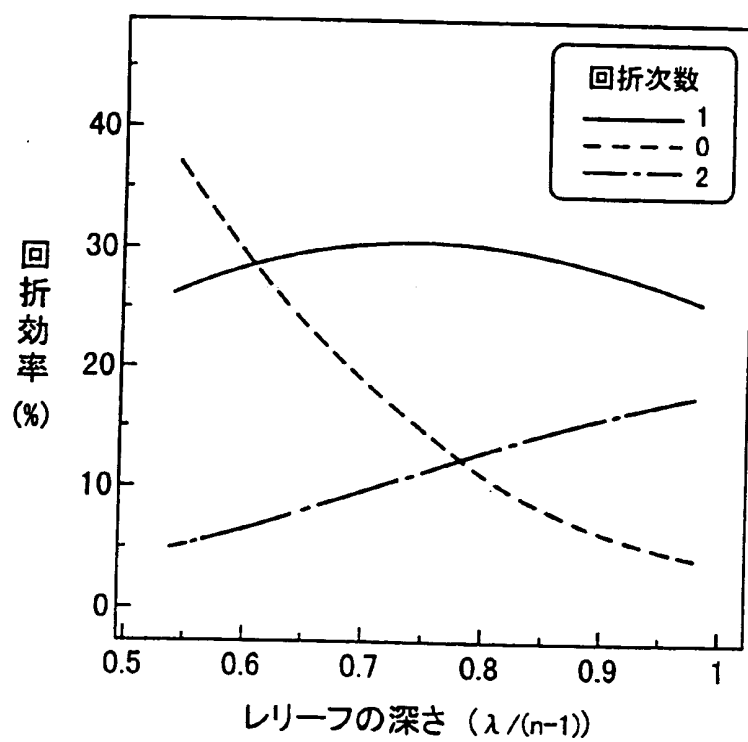


FIG. 6



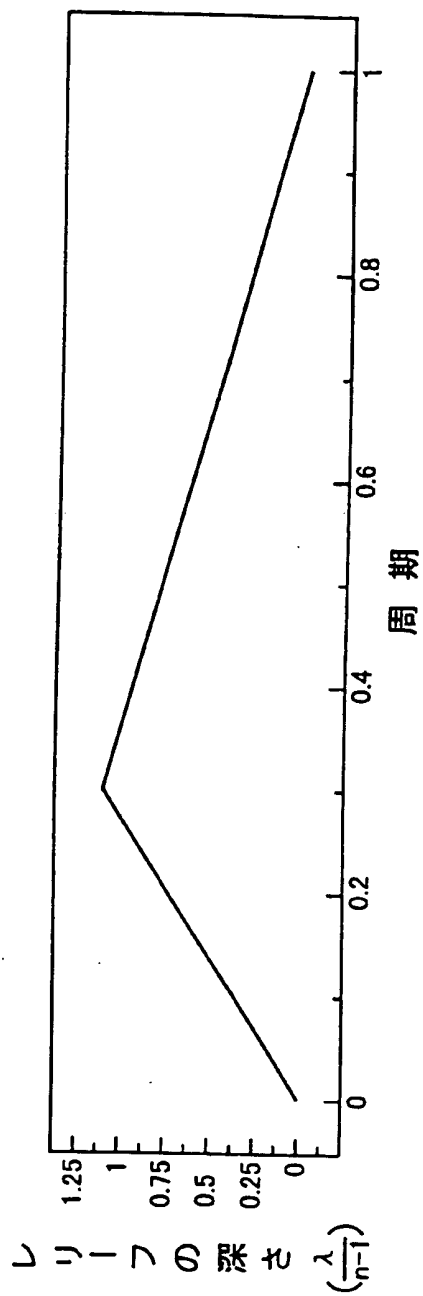


FIG. 7

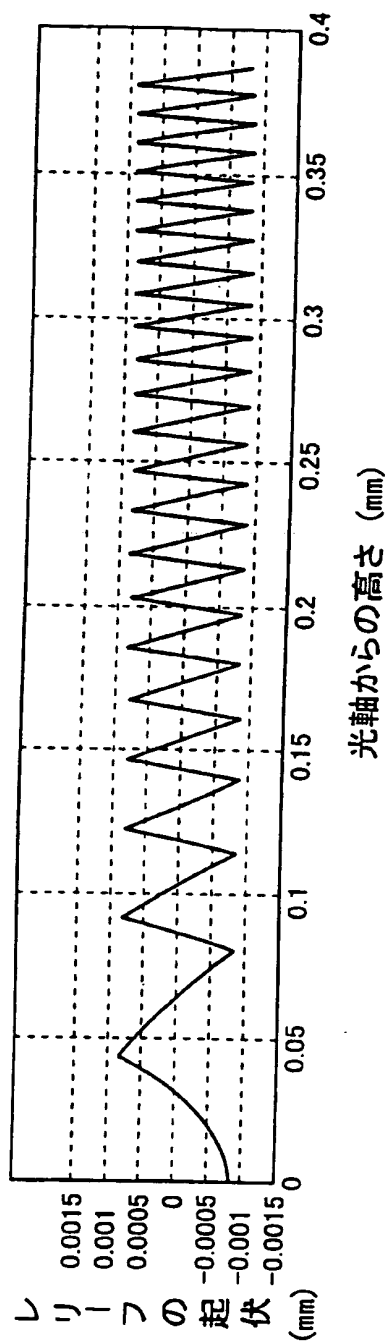


FIG . 8

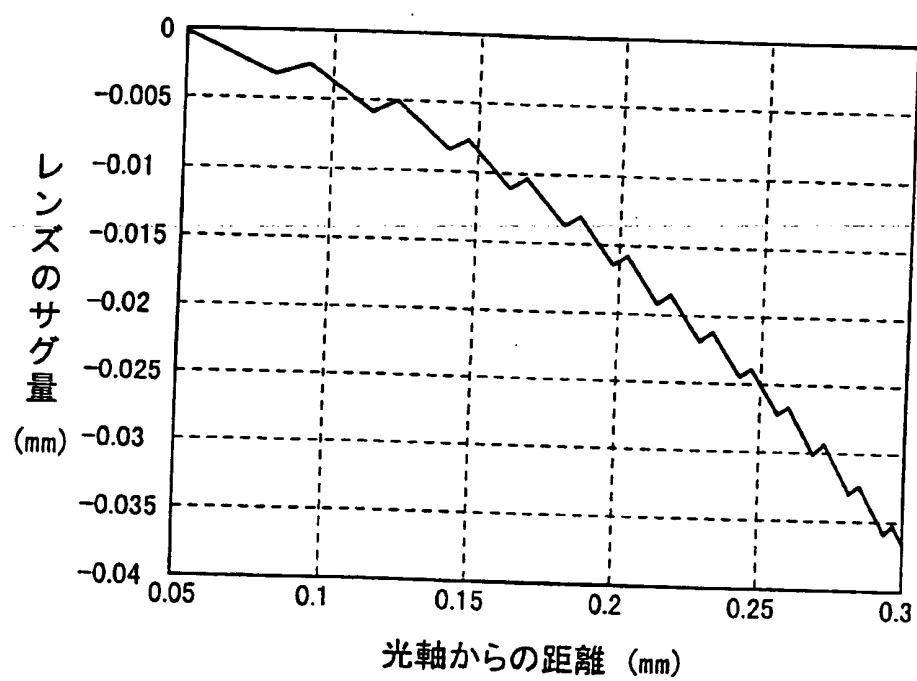


FIG. 9

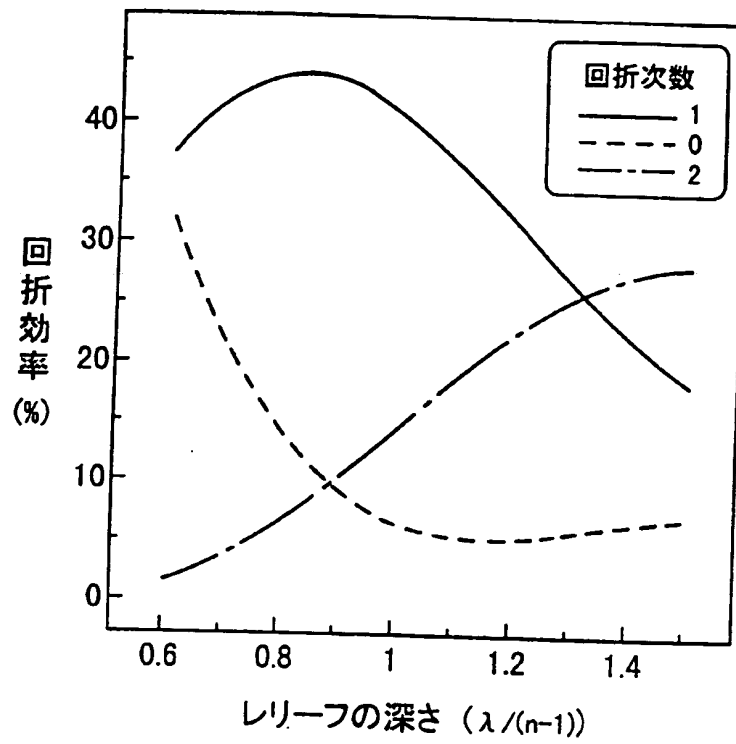


FIG . 10

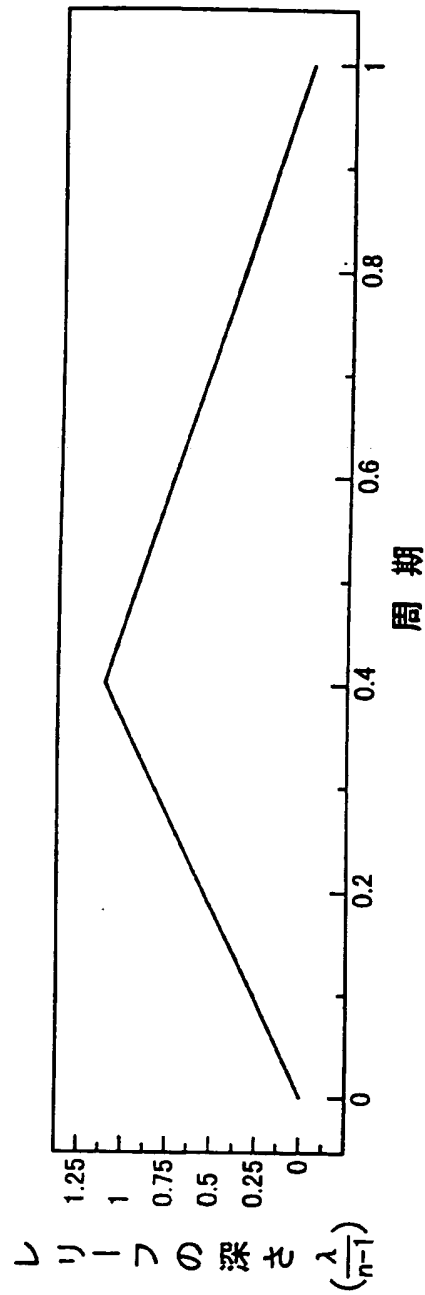


FIG. 11

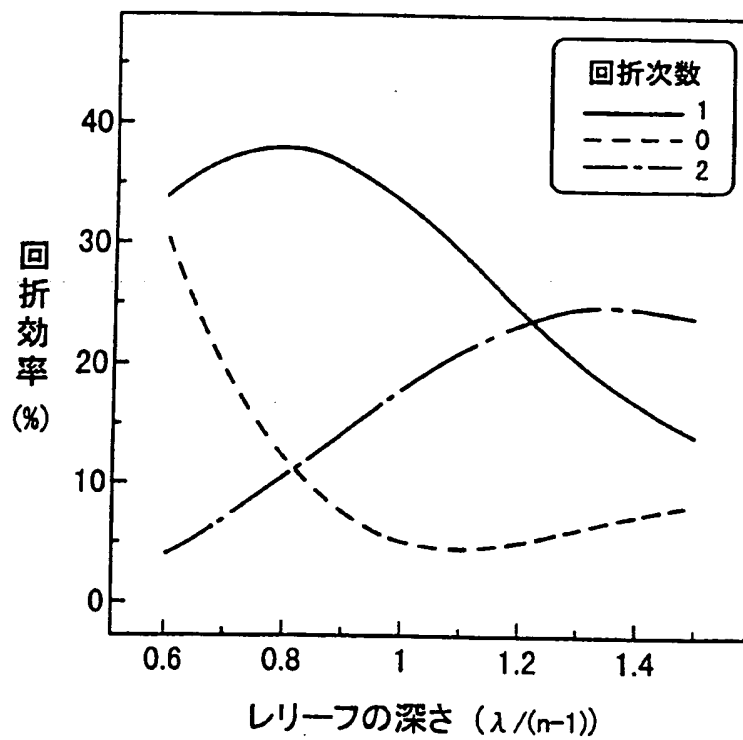
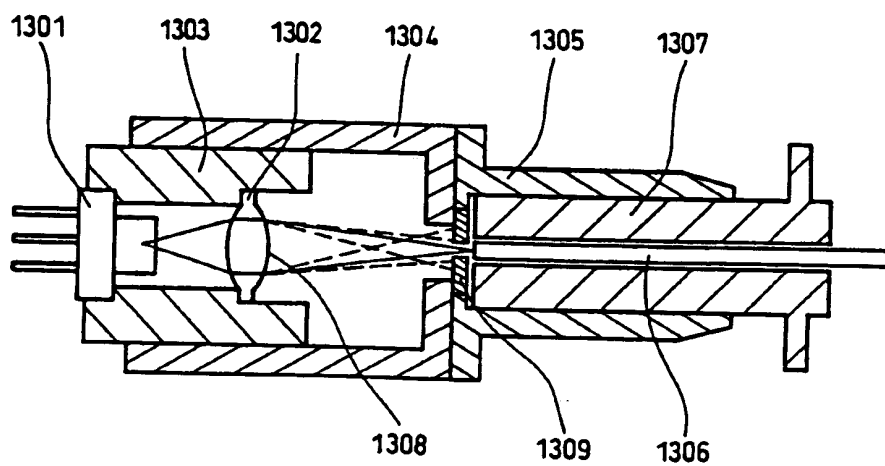


FIG. 12

(A)



(B)

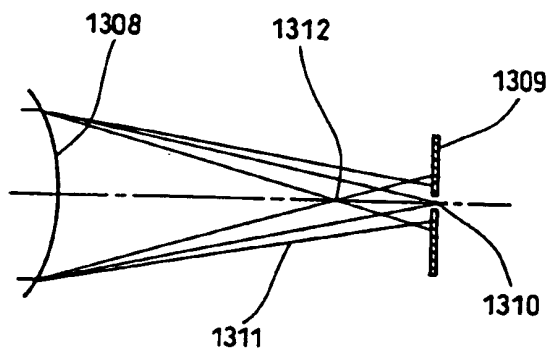


FIG. 13

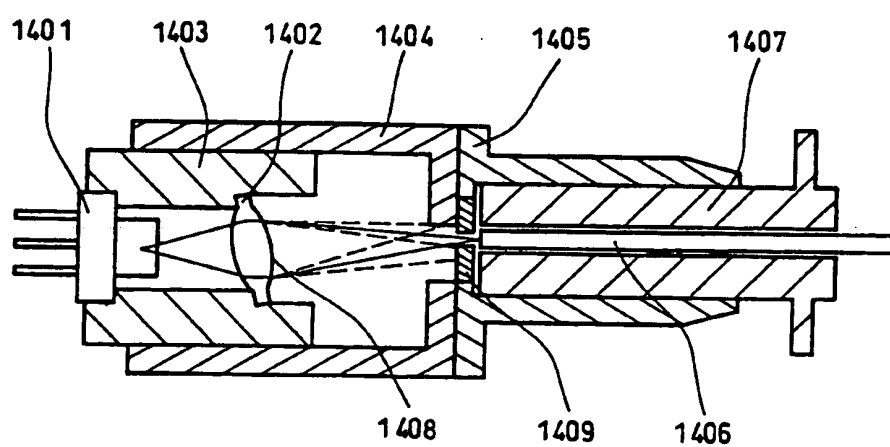
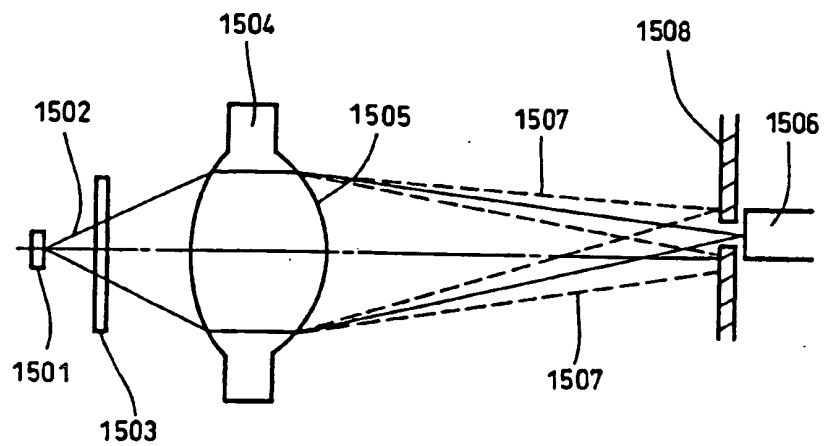


FIG.14



(A)



(B)

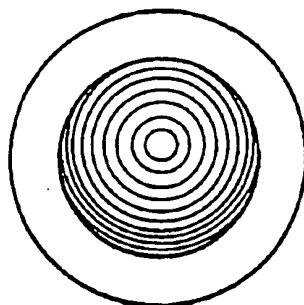


FIG. 15

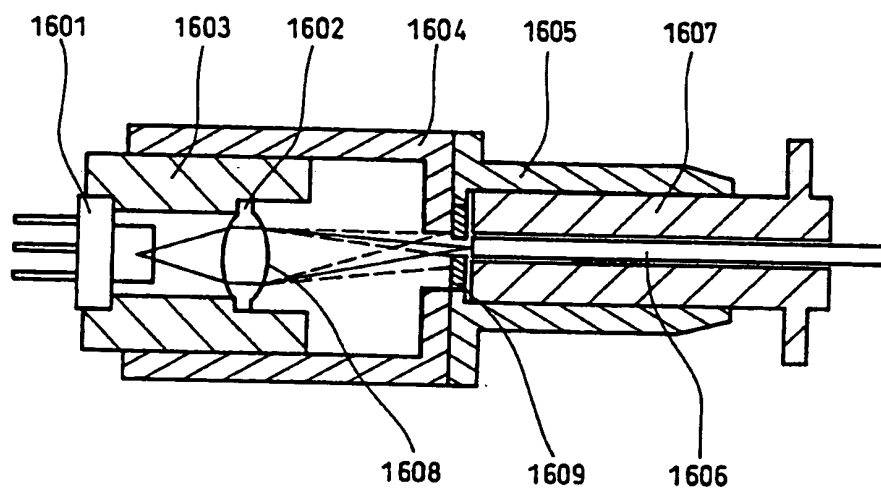


FIG. 16

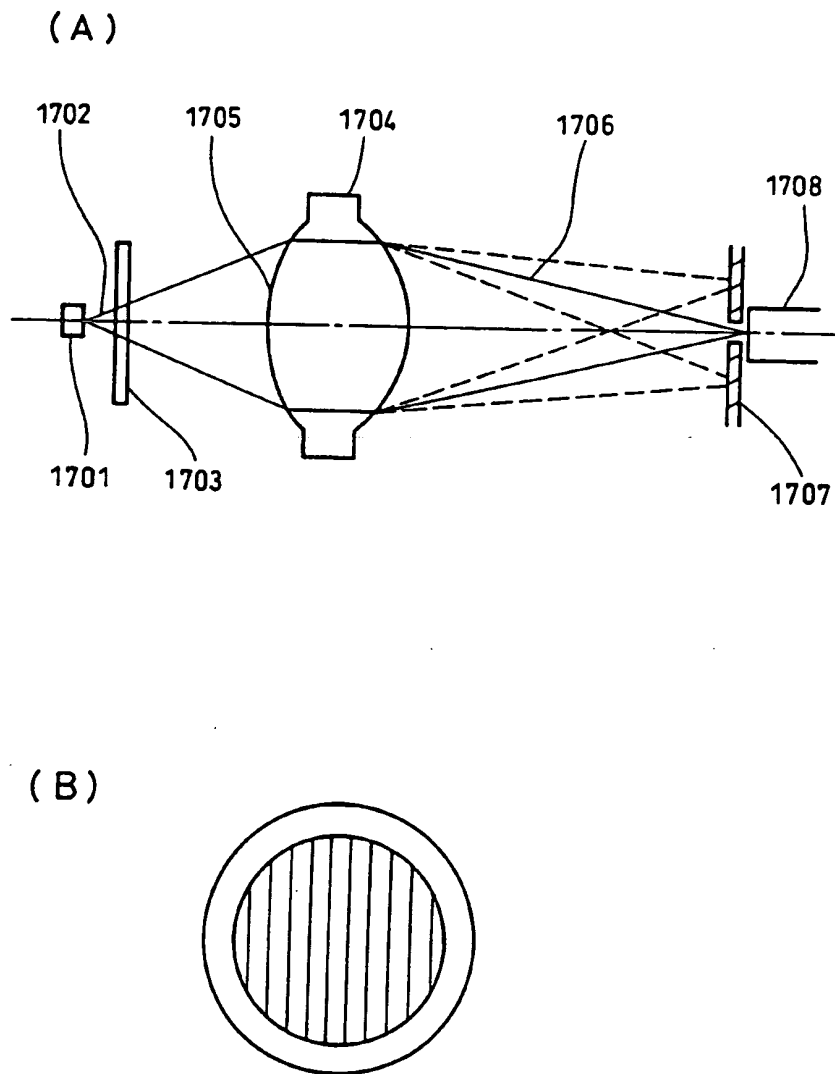


FIG. 17

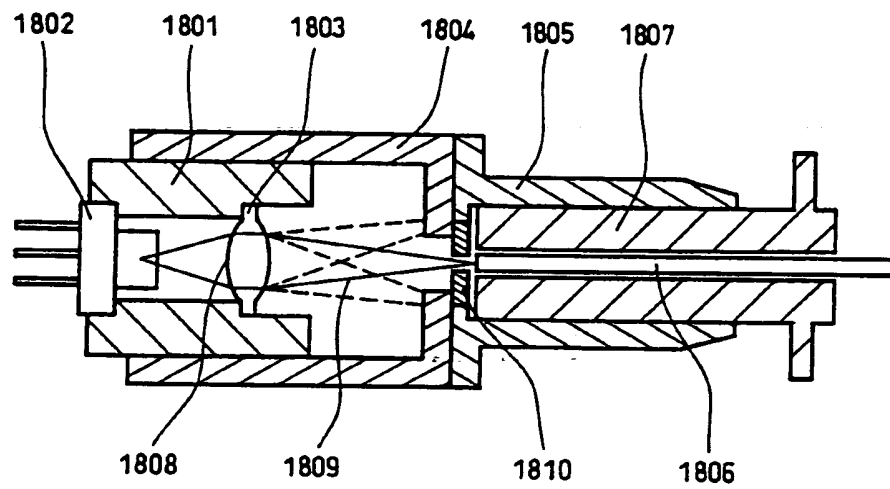
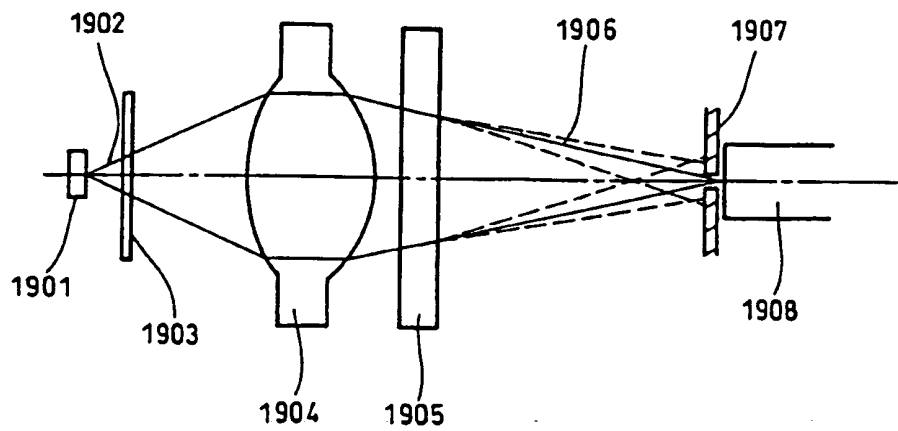


FIG. 18

(A)



(B)

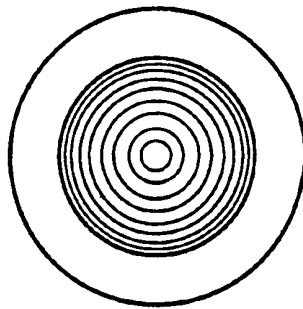


FIG.19

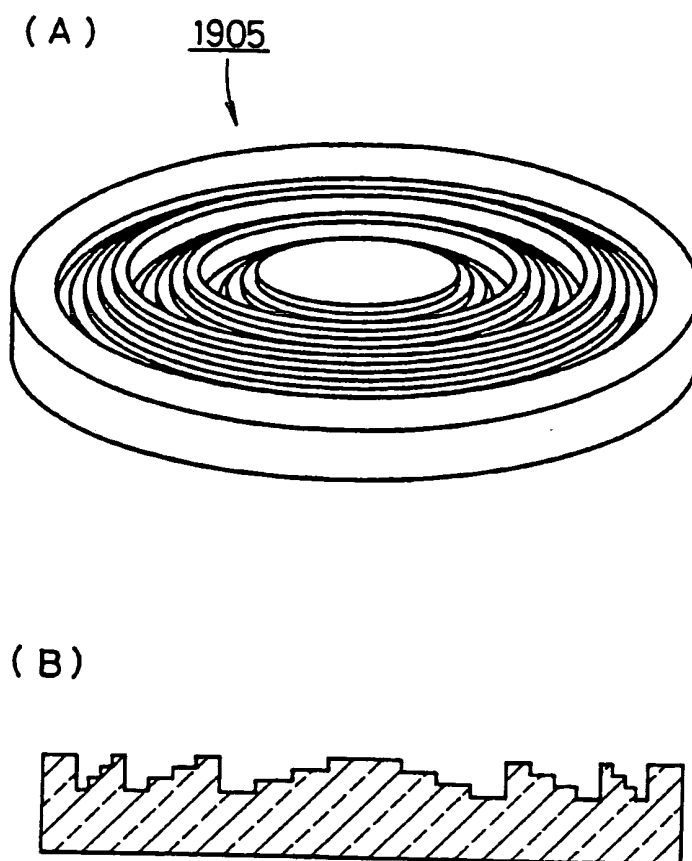


FIG. 20

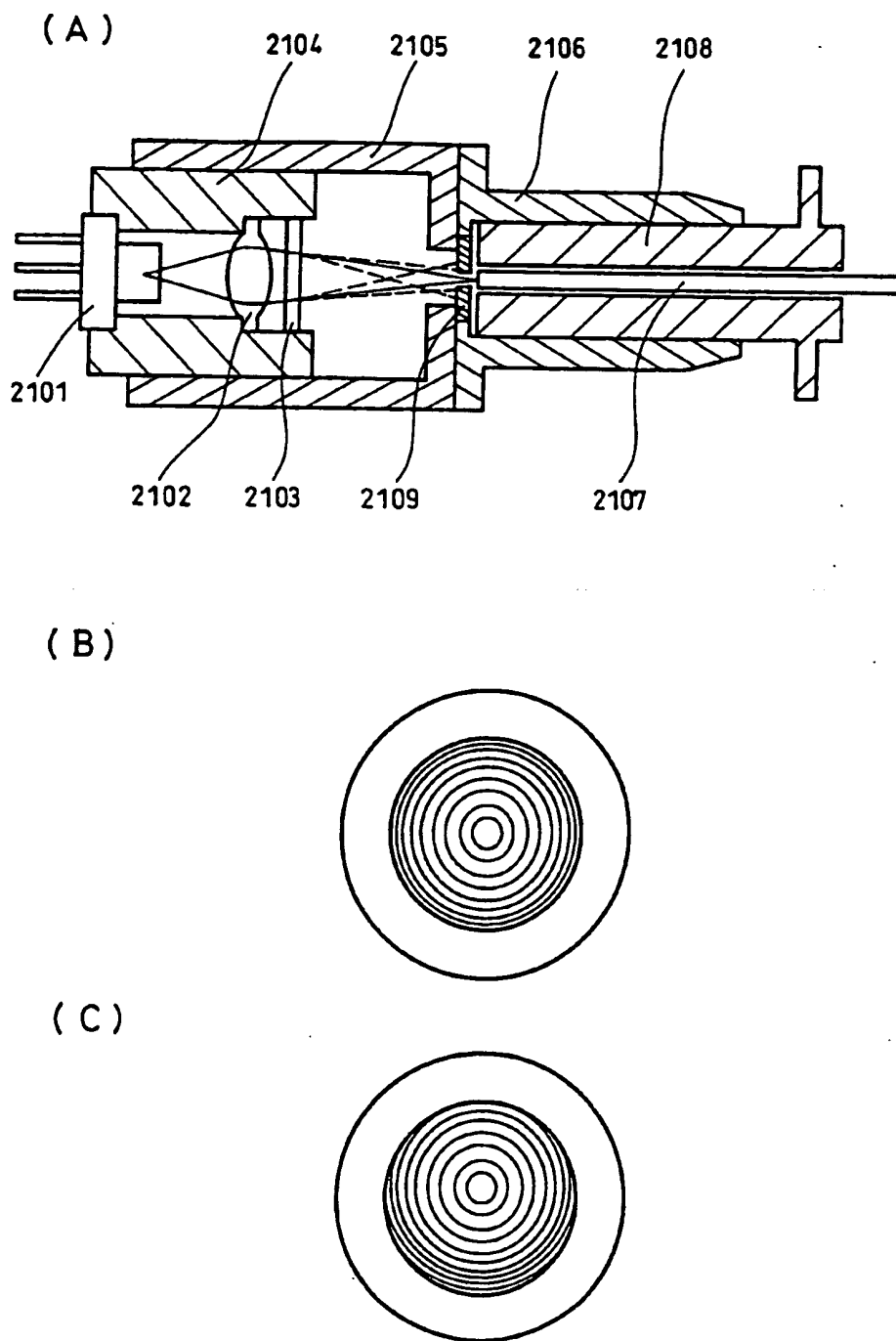


FIG. 21

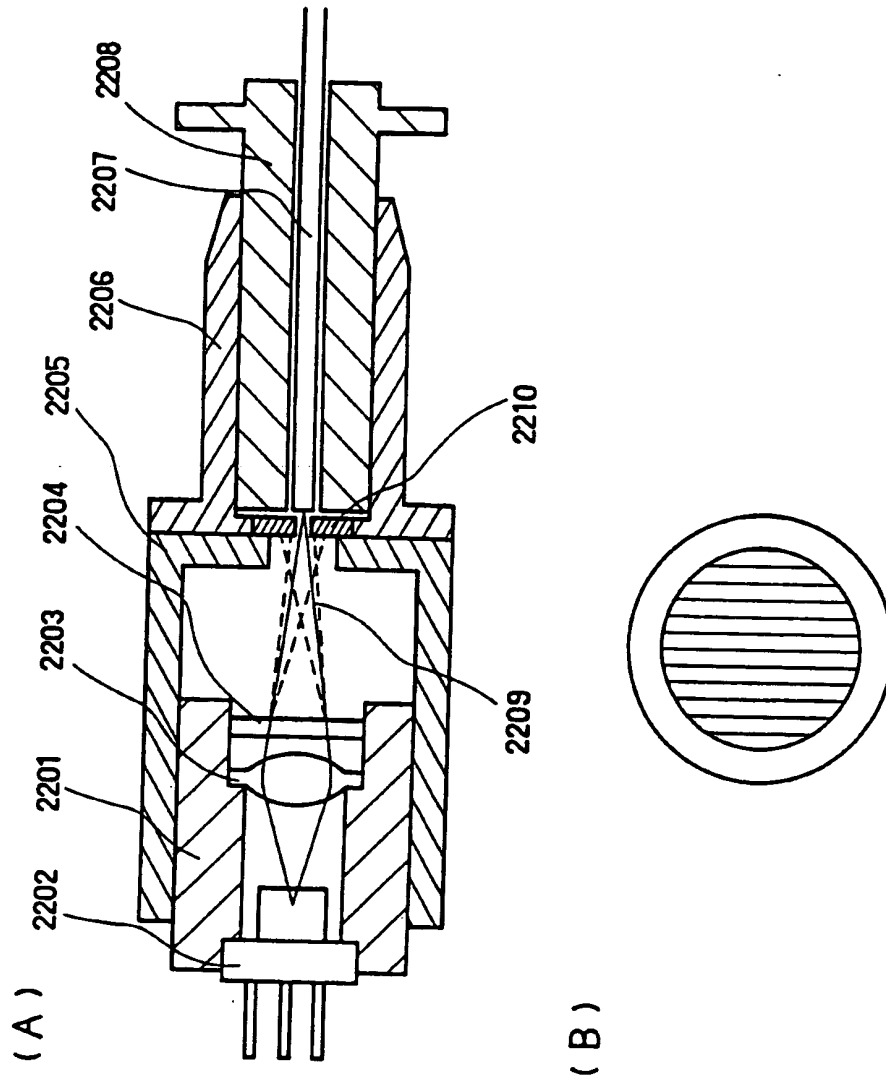


FIG. 22



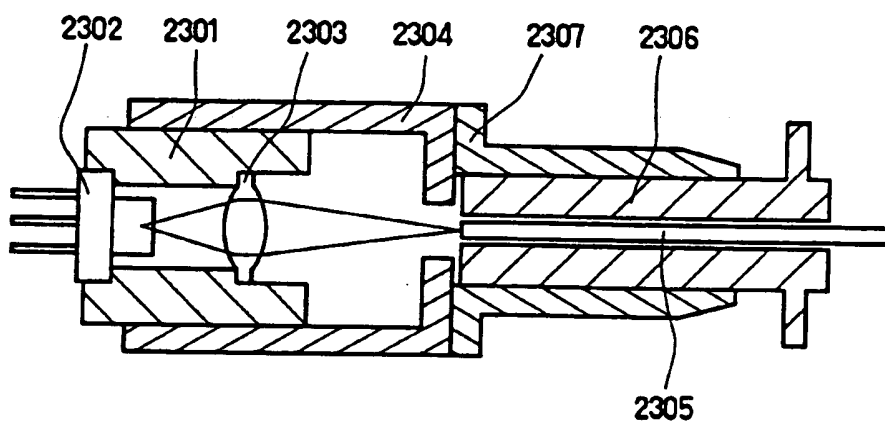


FIG. 23

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/04968

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>6</sup> G02B6/42, H01S3/18, G02B5/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>6</sup> G02B6/42, H01S3/18, G02B5/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-1999	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,Y	JP, 11-142696, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 28 May, 1999 (28.05.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-43
P,Y	JP, 11-274646, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 08 October, 1999 (08.10.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-43
Y	Extended Abstracts. (The 45 <sup>th</sup> Spring Meeting, 1998); The Japan Society of Applied Physics, Vol. 3, H. Tanaka et al., "Temperature Compensatory Plastic Diffractive lenses for Optical Communication", 28a-YD-4, (Page 955)	1-43
Y	Technical Research Report by The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 27 August, 1998 Shingakugihō, Vol. 98, No. 251, Hiroyuki Asakura, Et al., "Temperature Compensatory G-Bit Laser Module", Pages 73-77	1-43

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
08 December, 1999 (08.12.99)

Date of mailing of the international search report  
21 December, 1999 (21.12.99)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/04968 -

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. The invention of claim 1, out of claims 1 to 15, relates to a coupling lens having a technical feature that the coupling lens for coupling the output beam from a semiconductor laser to an optical fiber comprises a single lens, the single lens is integrated with a diffraction lens composed of concentric ring bands provided on either the plane of incidence or plane of emergence of the single lens, the diffraction lens has a positive refraction power, the relief function of the diffraction lens is generally an isosceles triangle, and the depth of the relief function satisfies the inequalities  $0.6 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.0$ .

The inventions of the other claims relate to a coupling lens characterized by further specifying technical matters of the coupling lens of the invention of claim 1 and to a semiconductor laser module comprising the coupling lens.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
  
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
  
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/04968 -

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	APPLIED OPTICS, (15.JULY.1988), Vol. 27, No. 14, Thomas Stone and Nicholas George, "Hybrid diffractive-refractive lenses and achromats", p2960-2971	1-43
Y	JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, (JUNE.1977), Vol. 67, No. 6, William C. Sweatt, "Describing holographic optical elements as lenses", pages 803-808	1-43
Y	JP, 10-133104, A (Matsushita Electric Industr. Co., Ltd.), 22 May, 1998 (22.05.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-43
Y	JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, (JUNE 1998), Vol. 37, No. 6B, Michiko Yaamagata, Yasuhiro Tanaka and Tomoko Sasano, "Efficiency Simulation for Diamond-Turned Diffractive Lenses", Pages 3695-3700	1-43
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No.123189/1987 (Laid-open No.29601/1989) (Omron Tateishi Electronics Co, Ltd. ), 22 February, 1989 (22.02.89), Full text; all drawings (Family: none)	1-43
Y	JP, 60-181701, A (Toshiba Corporation), 17 September, 1985 (17.09.85), Full text; all drawings (Family: none)	1-43
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No.22591/1991 (Laid-open No.112211/1992) (OMRON CORPORATION), 30 September, 1992 (30.09.92), Full text; all drawings (Family: none)	1-43
Y	JP, 6-242373, A (ASAHI OPTICAL Co., Ltd.), 02 September, 1994 (02.09.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-43
Y	JP, 4-84103, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 17 March, 1992 (17.03.92), Full text; all drawings (Family: none)	6-15
Y	JP, 3-127001, A (Canon Inc.), 30 May, 1991 (30.05.91), Full text; all drawings (Family: none)	6-15
Y	JP, 175759, C2 (Fuji Kasei K.K.), 01 November, 2049 (01.11.49), Full text; all drawings (Family: none)	16-20, 41-43
Y	JP, 9-304662, A (Sharp Corporation), 28 January, 1997 (28.01.97), Full text; all drawings (Family: none)	16-20, 41-43
Y	JP, 8-15582, A (Kyocera Corporation), 19 January, 1996 (19.01.96), Full text; all drawings (Family: none)	16-20, 41-43

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/04968 -

2. The invention of claim 16, out of claims 16 to 20, relates to a coupling lens having a technical feature that the coupling lens for coupling the output beam from a semiconductor laser to an optical fiber is made of glass and comprised of a single lens, and a diffraction grating is provided on either the plane of incidence or plane of emergence of the single lens.

The inventions of the other claims relate to a coupling lens characterized by further specifying technical matters of the coupling lens of the invention of claim 16 and to a semiconductor laser module comprising the coupling lens.

3. The invention of claim 21, out of claims 21 to 31, relates to a coupling lens having a technical feature that the coupling lens for coupling the output beam from a semiconductor laser to an optical fiber comprises a single lens, the single lens is integrated with a diffraction lens composed of concentric ring bands provided on either the plane of incidence or plane of emergence of the single lens, the diffraction lens has a positive refraction power, and the diffraction efficiency  $\eta$  of the fragment of light of the diffraction order used for the optical fiber coupling, out of the diffracted light diffracted by the diffraction lens, satisfies the inequalities

$$25\% \leq \eta \leq 40\%.$$

The inventions of the other claims relate to a coupling lens characterized by further specifying technical matters of the coupling lens of the invention of claim 21 and to a semiconductor laser module comprising the coupling lens.

The invention of claim 32, out of claims 32 to 40, relate to a coupling lens having a technical feature that the coupling lens for coupling the output beam from a semiconductor laser to an optical fiber is a compound lens comprising a refraction lens and a diffraction lens composed of concentric ring bands, the diffraction lens has a positive refraction power, and the diffraction efficiency  $\eta$  of the fragment light of the diffraction order used for the optical fiber coupling, out of the diffracted light diffracted by the diffraction lens, satisfies the inequalities

$$25\% \leq \eta \leq 40\%.$$

The inventions of the other claims relate to a coupling lens characterized by further specifying technical matters of the coupling lens of the invention of claim 32 and to a semiconductor laser module comprising the coupling lens.

4. The invention of claim 41, out of claims 41 to 43, relates to a semiconductor laser module including a semiconductor laser, an optical fiber, fixing means for fixing the input end of the optical fiber, and a coupling lens for coupling the output beam from the semiconductor laser to the input end of the optical fiber and having a technical feature that a diffraction grating is disposed between the coupling lens and the optical fiber.

The inventions of the other claims relate to a semiconductor laser module characterized by further specifying the technical matters of the semiconductor laser module of the invention of claim 41.

There are no common matters considered to be special technical features in the groups of inventions described above in items 1. to 4. in accordance with PCT Rule 13.2.

These groups of inventions described in items 1. to 4., therefore, are not so linked as to form a single general inventive concept.

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P99/04968

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> G02B6/42, H01S3/18, G02B5/18

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> G02B6/42, H01S3/18, G02B5/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-1999年

日本国登録実用新案公報 1994-1999年

日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, Y	J P, 11-142696, A (松下電器産業株式会社) 28. 5月. 1999 (28. 05. 99) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-43
P, Y	J P, 11-274646, A (松下電器産業株式会社) 8. 10月. 1999 (08. 10. 99) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-43
Y	第45回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 社団法人応用物理学 会, 1998年春季, 第3分冊, 田中康弘他5名, “光通信用温度補償型プ ラスチック回折レンズ”, 28a-YD-4 (P955)	1-43

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリ

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08. 12. 99

国際調査報告の発送日

21.12.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森内 正明

2V

9222

電話番号 03-3581-1101 内線 3269

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	電子情報通信学会技術研究報告, 社団法人電子情報通信学会, 1998年 8月27日, 信学技報, VOL98, NO251, 朝倉宏之他3名, “温度補償型Gビ ットレーザモジュール”, P73-77	1-43
Y	APPLIED OPTICS, (15. JULY. 1988), Vol27, No14, Thomas Stone and Ni cholas George, “Hybrid diffractive-refractive lenses and ach romats”, p2960-2971	1-43
Y	JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, (JUNE. 1977), Vol67, No6 William C. Sweatt, “Describing holographic optical element s as lenses”, p803-808	1-43
Y	J P, 10-133104, A (松下電器産業株式会社) 22. 5月. 1998 (22. 05. 98) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-43
Y	JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, (JUNE 1998), VOL37, NO6B, M ichiko YAMAGATA, Yasuhiro TANAKA and Tomoko SASANO, “Efficien sy Simulation for Diamond-Turned Diffractive Lenses”, P3695- 3700	1-43
Y	日本国実用新案登録出願62-123189号 (日本国実用新案登 録出願公開64-29601号) の願書に添付した明細書及び図面 の内容を撮影したマイクロフィルム (立石電機株式会社) 22. 2月. 1989 (22. 02. 89) 全文、全図, (ファミリーなし)	1-43
Y	J P, 60-181701, A (株式会社東芝) 17. 9月. 1985 (17. 09. 85) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-43
Y	日本国実用新案登録出願3-22591号 (日本国実用新案登録出 願公開4-112211号) の願書に添付した明細書及び図面の内 容を撮影したマイクロフィルム (オムロン株式会社) 30. 9月. 1992 (30. 09. 92) 全文、全図, (ファミリーなし)	1-43
Y	J P, 6-242373, A (旭光学工業株式会社) 2. 9月. 1994 (02. 09. 94) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-43
Y	J P, 4-84103, A (松下電器産業株式会社) 17. 3月. 1992 (17. 03. 92) 全文、全図 (ファミリーなし)	6-15
Y	J P, 3-127001, A (キヤノン株式会社) 30. 5月. 1991 (30. 05. 91) 全文、全図 (ファミリーなし)	6-15
Y	J P, 175759, C2 (藤化成株式会社) 1. 11月. 1949 (01. 11. 49) 全文、全図 (ファミリーなし)	16-20, 41-43
Y	J P, 9-304662, A (シャープ株式会社) 28. 1月. 1997 (28. 01. 97) 全文、全図 (ファミリーなし)	16-20, 41-43
Y	J P, 8-15582, A (京セラ株式会社) 19. 1月. 1996 (19. 01. 96) 全文、全図 (ファミリーなし)	16-20, 41-43

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 7-104154, A (株式会社日立製作所) 21. 4月. 1995 (21. 04. 95) 全文、全図 (ファミリーなし)	16-20, 41-43
A	J P, 9-146007, A (オリンパス光学工業株式会社) 6. 6月. 1997 (06. 06. 97) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5, 7-15
Y	J P, 5-203845, A (日本電気株式会社) 13. 8月. 1993 (13. 08. 93) 全文、全図 (ファミリーなし)	41-43
Y	J P, 5-241049, A (日本電気株式会社) 21. 9月. 1993 (21. 09. 93) 全文、全図 (ファミリーなし)	16-20
A	IEEE ELECTRONIC COMPONENTS & TECHNOLOGY CONFERENCE, (1996), M. R. Feldman, W. H. Welch, R. D. Te Kolste and J. E. Morris, "Diffraction optics for packaging of laser diodes and fiber-optics", P1278-1283	1-43
Y	J P, 10-73760, A (オリンパス光学工業株式会社) 17. 3月. 1998 (17. 03. 98) 全文、全図	11, 30, 36
Y	&US, 5949577, A J P, 10-68903, A (キャノン株式会社) 10. 3月. 1998 (10. 03. 98) 全文、全図 &EP, 827004, A2	11, 30, 36



## 第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

1. 請求の範囲1-15のうち、請求の範囲1は、半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するための結合レンズが単レンズで構成され、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に同心円状の輪帯により構成された回折レンズを一体化し、回折レンズが正の屈折力を持ち、前記回折レンズのレリーフ関数が略2等辺三角形形状であって、レリーフ関数の深さに関する条件として

$$0.6 \leq W(n-1)/\lambda \leq 1.0$$

を満足する点を技術的特徴とする結合レンズの発明が記載されている。

また、その余の請求の範囲は前記請求の範囲1に記載の結合レンズにさらなる技術的事項を特定した結合レンズ及びその結合レンズを用いた半導体レーザモジュールの発明が記載され

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

## 第II欄の続き

ている。

2. 請求の範囲16-20のうち、請求の範囲16は、半導体レーザからの出射光束を光ファイバに結合するための結合レンズがガラス製で単レンズで構成され、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に回折格子が形成されている点を技術的特徴とする結合レンズの発明が記載されている。

また、その余の請求の範囲は前記請求の範囲16に記載の結合レンズにさらなる技術的事項を特定した結合レンズ及びその結合レンズを用いた半導体レーザモジュールの発明が記載されている。

3. 請求の範囲21-31のうち、請求の範囲21は、半導体レーザからの出射光束を光ファイバに結合するための結合レンズが単レンズで構成、前記単レンズの入射面及び射出面のいずれか一方の表面上に同心円状の輪帯により構成された回折レンズを一体化し、回折レンズが正の屈折力を持ち、前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を $\eta$ とすると、

$$25\% \leq \eta \leq 40\%$$

を満足する点を技術的特徴とする結合レンズの発明が記載されている。

また、その余の請求の範囲は前記請求の範囲21に記載の結合レンズにさらなる技術的事項を特定した結合レンズ及びその結合レンズを用いた半導体レーザモジュールの発明が記載されている。

また、請求の範囲32-40のうち、請求の範囲32は、半導体レーザからの射出光束を光ファイバに結合するための結合レンズであって、結合レンズは屈折レンズと同心円状の輪帯により構成された回折レンズとの組レンズであって、前記回折レンズが正の屈折力を持ち、前記回折レンズの回折光のうち、光ファイバ結合に用いる次数の回折効率を $\eta$ とすると、

$$25\% \leq \eta \leq 40\%$$

を満足する点を技術的特徴とする結合レンズの発明が記載されている。

また、その余の請求の範囲は前記請求の範囲32に記載の結合レンズにさらなる技術的事項を特定した結合レンズ及びその結合レンズを用いた半導体レーザモジュールの発明が記載されている。

4. 請求の範囲41-43のうち、請求の範囲41は、半導体レーザと光ファイバと、光ファイバの入射端を固定する固定手段と、半導体レーザからの射出光束を光ファイバの入射端に結像する結合レンズとを有する半導体レーザモジュールであって、結合レンズと光ファイバの間に回折格子を配置した点を技術的特徴とする半導体モジュールの発明が記載されている。

また、その余の請求の範囲は前記請求の範囲41の記載の半導体レーザモジュールにさらなる技術的事項を特定した半導体レーザモジュールの発明が記載されている。

上記1. - 4. の請求の範囲の群の間において、PCT規則13. 2の意味において特別な技術的特徴と考えられる共通の事項は存在しない。

よって、上記1. - 4. の発明の群の間で発明の単一性は満たしていない。